

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

~~309~~

28



H. Zimmer

Aus Natur und Geisteswelt.
Sammlung

wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
aus allen Gebieten des Wissens.

Die Metalle.

Von

Prof. Dr. Karl Scheid.



Sozialwissenschaftliche Studien-
bibliothek bei der Arbeiterkammer
in Wien

Do

36/29

Hefteswelt.

Darstellungen aus allen
Bereichen.

Die Bändchen

anschlag zu je 1 Mark,
1 Mark 25 Pf.

Bestandteile Einbände werden zum Preise von 20 Pf. geliefert.

Jedes Bändchen ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Die Verlagsbuchhandlung sah sich infolge der erhöhten Herstellungskosten leider genötigt, den Preis für das Bändchen um den geringfügigen Betrag von 10 Pfennig zu erhöhen. Sie wird dafür, wie es bei den letzten Bändchen bereits geschehen ist, die Ausstattung durch Abbildungen reicher gestalten und so den Wert der Bändchen, der schon in ihrer inhaltlichen Vortrefflichkeit begründet ist, womöglich noch weiter zu erhöhen suchen.

Die Sammlung will dem immer größer werdenden Bedürfnis nach bildender, zugleich belehrender und unterhaltender Lektüre entgegenkommen. Sie bietet daher in einzelnen in sich abgeschlossenen Bändchen in sorgsamer Auswahl Darstellungen kleinerer wichtiger Gebiete aus allen Zweigen des Wissens und damit eine Lektüre, die auf wirklich allgemeines Interesse rechnen kann.

Eine erschöpfende allgemeinverständliche Behandlung des Stoffes soll auf wissenschaftlicher Grundlage ruhen, die die Mitwirkung angesehener und bewährter Fachmänner gewährleistet. So wird eine Lektüre geboten, die wirkliche Befriedigung und dauernden Nutzen verspricht.

Wie der Inhalt, so soll auch in jeder Weise den Zweck der Sammlung erreichen helfen die trotz des billigen Preises sorgfältigste Ausstattung: die in bester Ausführung beigegebenen Abbildungen, der mit trefflicher Zeichnung versehene Umschlag, der geschmackvolle Einband.

Es erschienen bereits:

Acht Vorträge aus
Mit zahlr. V.
Unterrichtet i
wichtigen Fragen der
Soziale Bewegun
wegung. Von

Will auf histo
für soziale Fragen wecken und klären.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295880

Dr. H. Buchner.
geb. M. 1. 25.
tellung über alle

den Arbeiterbe-
fb. geb. M. 1. 25.

anföhren, den Sinn

Bau und Leben des Tieres. Von Dr. W. Haacke. Mit zahlreichen Abbildungen im Text. Geh. M. 1. —, geschmackv. geb. M. 1. 25.

Bermag zu einem besseren Verständnis unserer Umgebung, unserer Freunde in Haus und Hof, in Feld und Wald zu führen.

Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. D. Weise. Reich illustr. Geh. M. 1. —, geschmackv. geb. M. 1. 25.

Berfolgt durch mehr als vier Jahrtausende Schrift-, Brief- und Zeitungs-
wesen, Buchhandel und Bibliotheken.

Palästina und seine Geschichte. Sechs vollständige Vorträge von Prof. Dr. von Soden. Mit zwei Karten und einem Plan von Jerusalem. Geh. M. 1. —, geschmackvoll geb. M. 1. 25.

Ein Bild nicht nur des Landes selbst, sondern auch alles dessen, was aus ihm hervor- oder über es hingegangen ist im Laufe der Jahrhunderte.

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Acht Vorträge aus der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. R. Blochmann. Mit 103 Abbildungen im Text. Geh. M. 1. —, geschmackvoll geb. M. 1. 25.

Führt unter besonderer Berücksichtigung der alltäglichen Erscheinungen des praktischen Lebens in das Verständnis der chemischen Erscheinungen ein.

Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Prof. Dr. A. Matthaei. Mit zahlr. Abb. i. T. Geh. M. 1. —, geschmackv. geb. M. 1. 25.

Will mit der Darstellung der Entwicklung der deutschen Baukunst des Mittelalters zugleich über das Wesen der Baukunst als Kunst aufklären.

Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgebetes. Von Privatdozent Dr. J. W. Bruhier. Geh. M. 1. —, geschmackvoll geb. M. 1. 25.

Einer der wichtigsten Erscheinungen deutschen Volkslebens gewidmet, nicht zu steifer akademischer Erörterung, sondern zu herzlich warmer Schilderung.

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrizität. Von Prof. Dr. Richarz. Mit 94 Abbildungen im Text. Geh. M. 1. —, geschmackvoll geb. M. 1. 25.

Behandelt leicht verständlich, zugleich aber für jeden Fachmann interessant, die neuesten vielbesprochenen Fortschritte auf elektrischem Gebiete.

Unsere wichtigsten Kulturpflanzen. Von Privatdozent Dr. Giesenhagen in München. Mit zahlreichen Abbildungen im Text. Geh. M. 1. —, geschmackvoll geb. M. 1. 25.

Bermittelt durch die Schilderung der wichtigsten Kultur der Getreide-
pflanzen zugleich in anschaulicher Form allgemeine botanische Kenntnisse.

Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Dr. Ed. Otto. Mit 27 Abbildungen auf 8 Tafeln. Geh. M. 1. —, geschmackvoll geb. M. 1. 25.

Eine Darstellung der historischen Entwicklung und der kulturgeschichtlichen Bedeutung des deutschen Handwerks von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart.

Das Theater. Von Privatdozent Dr. Borinski in München. Mit 8 Bildnissen großer dramatischer Dichter. Geh. M. 1. —, geschmackvoll geb. M. 1. 25.

Läßt bei der Vorführung der dramatischen Gattungen die dramatischen Luster der Völker und Zeiten thunlichst selbst reden.

Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. H. Zander. Mit 19 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Will darüber aufklären, weshalb und unter welchen Umständen die Leibesübungen segensreich wirken, indem es ihr Wesen, andererseits die in Betracht kommenden Organe bespricht.

Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900. Sechs volkstümliche Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung, sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft von Prof. Dr. Walther Loß. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Erörtert nach einer Geschichte des Eisenbahnwesens insbesondere Tarifwesen, Binnenwasserstraßen und Wirkungen der modernen Verkehrsmittel.

Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Prof. Dr. D. Weise. Mit 26 Abbildungen. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Schildert, durch eine gute Auswahl von Städte-, Landschafts- und anderen Bildern unterstützt, die Eigenart der deutschen Gaue und Stämme.

Ernährung und Volksnahrungsmittel. Sechs Vorträge gehalten von Prof. Dr. Johannes Frenzel. Mit 6 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Behandelt die Ernährungslehre, den Verdauungsapparat und die Zubereitung der Nahrungsmittel, die einzeln ausführliche Besprechung erfahren.

Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold in München. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Beantwortet die Frage: Giebt es keine bindenden Regeln des menschlichen Handelns? in zuversichtlich bejahender, zugleich wohlbegründeter Weise.

Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Prof. Dr. Karl Eckstein. Mit 31 Abbild. i. T. Geh. *M.* 1.—, geschmackv. geb. *M.* 1.25.

Der hohe wirtschaftliche Bedeutung beanspruchende Kampf erhält eine eingehende, ebenso interessante wie lehrreiche Darstellung.

Am tausenden Webstuhl der Zeit. Übersicht der Wirkungen der Entwicklung der Naturwissenschaften u. der Technik. Von Launhardt, Geh. Reg.-Rat, Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Hannover. Mit vielen Abbild. Geh. *M.* 1.—, geschmackvoll geb. *M.* 1.25.

Heute, wo wir in den Naturwissenschaften und der Technik einen alle vergangenen Zeiten weit überragenden Standpunkt einnehmen, ist ein Rückblick auf ihre Entwicklung, wie sie das vorliegende Bändchen in geistreichen Ausführungen giebt, gewiß vielen willkommen. Indem er sie den Weltwundern der Alten gegenüberstellt, weiß der Verfasser treffend das Wesen der Wunder unserer Zeit klar zu stellen. Vorbereitet durch naturwissenschaftliche Entdeckungen, die die Sinne verschärfen und vervollkommen, haben diese Erfindungen unsere Herrschaft über den Raum in ungeahnter Weise ausgebreitet, die modernen Schußwaffen wie die Fernrohre, die Eisenbahnen, die Dampfschiffe und die Luftschiffe. Eine eingehende Darstellung erfährt insbesondere die Entwicklung des Eisenbahnwesens. Im letzten der Vorträge werden die meistens zu entgegengesetzten Erscheinungen führenden Wirkungen der Verkehrsvervollkommnung dargestellt.

Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung

wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens.

29. Bändchen.

Die Metalle.

Von

Prof. Dr. Karl Scheid.

Mit 16 Abbildungen.



Leipzig,

Druck und Verlag von B. G. Teubner.

1901.

BIBLIOTEKA I TECHNICZNA
KRAKÓW

~~I 369~~

1-301530

Akc. Nr.

~~1604~~ / 50

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

3P163-58/2017

Vorwort.

Auf Veranlassung der B. G. Teubner'schen Verlagsanstalt entstand das nachstehende Büchlein, das Ergebnis einer mehrjährigen Reihe von theoretischen und praktischen Studien. Sein Zweck ist, auch weitere Kreise auf ein Gebiet aufmerksam zu machen, dem das große Publikum fern zu stehen pflegt — sehr zum Schaden aller Beteiligten. Ursache von dieser bedauerlichen Thatsache ist zum Teil der gänzliche Mangel an einem Werk, das bei kleinem Umfang alles Wissenswerte von der Metallindustrie enthält. Diese Ursache soll hierdurch beseitigt sein. In den folgenden Einzelaufsätzen ist das gesamte statistische Material verwendet, das bei Abschluß des Büchleins (Mitte Juli 1900) bekannt war. Die Zahlenangaben entstammen zum meist dem amerikanischen The Mineral Industry, sowie dem Statistischen Jahrbuch für das deutsche Reich. Als Vorlage für die schematischen Skizzen dienten vorwiegend Abbildungen in Muspratt's chemischer Technologie; für die sorgfältige Ausführung der Zeichnungen bin ich der B. G. Teubner'schen Verlagsanstalt zu besonderem Dank verpflichtet.

Freiburg i. B.

Dr. Karl Scheid.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	1—14
Die Metalle in der Vorzeit. — Das Wesen der Metalle nach Auffassung der Ägypter, Assyrer, Inder, Phönicier und Griechen. — Naturwissenschaftliche Kenntnisse der Araber. — Die Alchemisten. — Anfänge der wissenschaftlichen Chemie. Boyle. Stahl. Lavoisier. — Zusammensetzung der Luft. — Metalle als Gegensatz der Nichtmetalle. — Tabelle der Nichtmetalle. — Schwer- und Leichtmetalle.	
Gold	15—32
Eigenschaften. — Goldführende Quarzgänge. — Goldfelder. — Gold in der Vorzeit. — Gold im geschichtlichen Altertum bei Persern, Ägyptern, Assyrern. — Gold bei europäischen Völkern im geschichtlichen Altertum. — Die Goldproduktion der Jetztzeit. — Die verschiedenen Arten der Goldgewinnung. — Verwendung des Goldes.	
Platin	33—36
Geschichte. — Vorkommen. — Eigenschaften.	
Quecksilber	37—41
Eigenschaften. — Vorkommen. — Gewinnung aus Zinnober, früher und jetzt. — Produktion.	
Kupfer	42—57
Chemische Eigenschaften. — Salze. — Vorkommen in gediegenem Zustand und vererzt. — Übersicht über die Verhüttung der Erze. — Rösten der Erze. — Auszuschmelzen des Kupfersteins. — Schwarzkupfer. Garkupfer. Hammergarmachen. — Verarbeitung der Erze auf wässrigem Weg. — Scheidung der Edelmetalle. — Verbreitung der Erze auf der Erde. — Produktion. — Physikalische Eigenschaften. — Verwendung. — Geschichtliches. — Messing. — Bronze. — Neusilber. Britanniametall.	
Blei	58—69
Erzgänge. — Bleierze. — Vorkommen in Deutschland, Oesterreich, Spanien, Nordamerika. — Niederschlagsarbeit. — Röstarbeit. — Reinigen des Bleies. — Physikalische und chemische Eigenschaften. — Verwendung. — Geschichtliches. — Produktion. — Giftige Eigenschaften.	

	Seite
Silber	70—78
Geschichtliches. — Verbreitung auf der Erde. — Erze. — Eigenschaften. — Gewinnung mittels Blei. Pattinson- und Parkes-Verfahren. — Gewinnung auf wässrigem Weg. — Produktion. — Silberwert. Silbermünzen. — Kulturgeschichtliche Bedeutung des Silbers.	
Eisen	79—83
Geschichtliches. — Entstehung der Eisenerzlager. — Verhüttung. — Vermehrung und Verminderung des Kohlenstoffgehaltes in Eisensorten. — Entfernung des Phosphorgehaltes. — Produktion.	
Zink	84—88
Eigenschaften. — Gewinnung. — Cadmium. — Gesundheitliche Zustände in Zinkhütten. — Produktion. — Geschichtliches.	
Nickel	89—93
Geschichtliches. — Verwendung. — Kobalt. Smalte. — Aufarbeiten der Nickelerze. — Eigenschaften.	
Zinn	94—100
Bildung der Zinnmineralien. — Verbreitung auf der Erde. — Geschichtliches. — Produktion. — Eigenschaften. — Gewinnung aus Zinnstein. — Legierungen. Verzinnen. — Gesundheitliche Zustände in Zinnwerken.	
Aluminium	101—110
Preis. — Entstehung der Thonlager. — Geschichtliches. — Herstellung nach Cowles. — Herstellung nach Héroult. — Eigenschaften. Verwendung. — Aluminiumbronze. — Magnalium. — Aluminium als Kraftspeicher.	
Leichtmetalle	111—116
Verbreitung auf der Erde. — Magnesium. — Calcium. — Natrium und Kalium. — Laugen. Salze. — Bedeutung für Pflanzen und Tiere.	
Chemische Vorgänge. Die Heizung	117—135
Chemische Kraft. — Gesetz von der Erhaltung der Kraft. — Gesetz von der Erhaltung des Stoffes. — Gewichtsverhältnisse bei chemischen Vorgängen. — Atomgewichte. — Chemische Gleichungen. — Heizmaterialien. — Entstehung der Steinkohlenlager. — Umwandlung von Holz in Steinkohle. — Torf. — Braunkohle. — Braunkohlenförderung. — Verbreitung der Steinkohlen auf der Erde. — Steinkohlensorten. — Produktion. — Bedeutung der Steinkohlenförderung eines Landes für seine Industrie. — Holzkohle. — Koks. — Gasheizung. — Generatorgas. — Wassergas. — Regenerativöfen.	
Die Verarbeitung der Metalle	136—149
Geschichtliches. — Kupfersalze. — Zinkverbindungen. — Zinnsalze. — Mennige. — Bleiweiß. — Silber- und Quecksilbersalze. — Kobaltblau. Chromfarben. — Metallgießerei. — Herstellung der Formen. — Schmiedekunst. —	

Walzwerke. — Härten des Stahls. — Schweißen von Metallen. — Herstellung der Metallrohre. — Löten. — Oberflächenveredlung.

Übersicht über die Metalle. 150—154

Gewicht. — Schmelztemperaturen. — Härte. Festigkeit. Hämmerbarkeit. Walzbarkeit. Ziehbarkeit. — Leitfähigkeit für Wärme und Elektrizität. — Preis. — Erzförderung und Preis auf der Erde. — Bedeutung der Metallindustrie.

Einleitung.

Als ersten Anfang menschlicher Kultur nimmt man allgemein den Zustand an, wo aus den nomadischen Hirten- und Jägervölkern der Urzeit ackerbauende Ansiedler sich entwickelten. Die Steine, welche vordem genügt hatten, das Beutetier zu erlegen und den Feind abzuwehren, reichten nicht aus, um den Acker zu pflügen. In jener Übergangszeit müssen metallene Gerätschaften bekannt geworden sein. Einige Kenntnis von Metallen, sowie ein bestimmtes Maß von Kunst, sie zu bearbeiten, bezeichnen demnach den ersten Fortschritt im Kulturleben des Menschengeschlechts. Die Geschichte der Metalle beginnt mit den ältesten Überlieferungen der Weltgeschichte. Die Pyramiden Ägyptens, diese steinernen Zeugen längst vergangener Jahrtausende, können ohne Metalle ebensowenig erbaut worden sein, wie die uralten Felsentempel und Götterwohnungen Indiens. Die sagenhafte Sintflut, die in Folge der übereinstimmenden Berichte der verschiedensten Völkerstämme immerhin als eine Art geschichtliches Ereignis anzusehen ist, muß eingetreten sein, lange nachdem der Mensch gelernt hatte mit Metallwaffen und Metallgeräten umzugehen. Die Familien, welche jene Vereisung und Überschwemmung überdauerten, waren die Träger der damaligen Kultur. Die Völkerstämme, die von ihnen abstammen, haben durch sie aus der grauen Vorzeit die Kenntnis einiger Metalle ererbt.

Auch das geschichtliche Altertum kannte nur diese. Neue dazu zu entdecken, gestattete der Mangel an naturwissenschaftlichen Kenntnissen nicht. Ein einziges bloß wurde in diesem langen Zeitraum durch Zufall aufgefunden, das Quecksilber; weil es aber so ganz anders sich darbot als die anderen, wurde es überhaupt nicht als Metall anerkannt. Im Mittelalter sind einige wenige Neuentdeckungen dazu gekommen. Die chemische Wissenschaft wäre bei den unzähligen Versuchen, Gold aus unedlen Metallen zu erhalten, sicher zu viel schöneren Ergebnissen

gelangt, wenn nicht gerade das zu eng gesteckte Ziel alle höheren Bestrebungen ausgeschlossen hätte. Erst das Ende des 18. Jahrhunderts ließ die Erkenntnis heranreifen, daß noch viele Arten Metalle verborgen in der Erde schlummerten. Dem 19. Jahrhundert endlich war es vorbehalten, dieselben rein darzustellen und ihre Eigenschaften zu studieren. Zu Ende ist es mit seiner Aufgabe nicht gekommen. Womit das 20. die Wissenschaft überraschen wird, ist uns noch verborgen.

Das Wesen der Metalle ist zu allen Zeiten verschieden beurteilt worden. Ob die Völker des frühen geschichtlichen Altertums sich überhaupt mit solchen Fragen beschäftigt haben, ist zweifelhaft. Von den ägyptischen Priestern wird es behauptet, ebenso von den Chaldäern. Auch der Name der Wissenschaft, Chemie, soll ägyptischen Ursprungs sein und in seiner Übersetzung schwarze oder geheimnisvolle Kunst bedeuten. Vermutlich haben aber jene Priester sich mehr mit Erd- und Gradmessung, mit dem Beobachten der Gestirne und mit Mathematik beschäftigt, als mit Veränderungen, die sich am Stoff vollziehen. Alles, was hierüber Aufschluß geben würde, ist vor beinahe fünfzehnhundert Jahren beim Brand einer Bibliothek verloren gegangen. Von den Babyloniern und Assyriern weiß man ebenfalls nichts Bestimmtes, vielleicht aus demselben Grund. Die Indier und Phöniciern dagegen müssen sehr früh schon eingehende Kenntnisse chemischer Art sich erworben haben. Die einen gewannen den besten Stahl des Altertums und wußten ihn meisterhaft zu bearbeiten. Die andern kannten verschiedene chemische Gewerbe, die sie selber erfunden haben sollen: aus Sand und Soda schmolzen sie Glas, sie fertigten Gewebe verschiedener Art und wußten sie waschecht zu färben. Woher sie diese Kenntnisse besaßen und wie weit die Wissenschaft neben der Technik zu ihrem Recht gekommen ist, bleibt unbekannt.

Die ältesten Staaten Europas haben die Griechen gebildet. Dieses hochbegabte Volk hat neben seinen ausgedehnten Handelsunternehmungen Zeit genug besessen, höheren Bildungs-idealen nachzustreben, Künste und Wissenschaften zu pflegen und den Erscheinungen des irdischen Daseins nachzuforschen. Ein Forschen im Sinn der heutigen Wissenschaft ist es freilich nicht gewesen. Denn Versuche, die Probleme zu ergründen, haben die Griechen nicht angestellt. Es war vielmehr ein Nachgrübeln

über den Urgrund des Seins, nicht ganz frei von religiösen Schwärmereien. Wie weit die Weltweisen Griechenlands von den östlichen Nachbarn, den Phönicern, in ihrer Gedankenentwicklung beeinflusst worden sind, weiß man nicht. Die Lehrsätze, die ausgesprochen wurden, beschäftigten sich mit dem Allgemeinen, was an irdischen Gegenständen beobachtet werden kann: Wärme, Kälte, Flüssigkeit, Trockenheit, Härte. Am berühmtesten ist die Lehre des Philosophen Aristoteles (384 bis 322 v. Chr.) geworden. Nach ihm ist das ganze Weltall gebildet aus vier Elementen: der Luft, welche warm und feucht, das Wasser, welches kalt und feucht, der Erde, welche kalt und trocken, und dem Feuer, welches warm und trocken ist. Durch Zusammentreten zweier oder mehrerer von ihnen sind sämtliche Naturkörper entstanden. Allen vier liegt ein gemeinsamer Urstoff zu Grunde; die Elemente sind bloß Erscheinungsformen desselben und können durch Wechsel der Eigenschaften eines in das andere übergehen. Die Metalle dachte man sich entstanden aus Dünsten, die in der Erde aufsteigen. Sie sollten sogar nach Ansicht späterer Gelehrten in den Bergwerken wieder nachwachsen. Die aristotelische Weltanschauung beherrschte nahezu zweitausend Jahre alles wissenschaftliche Leben. Sie ging auf alle Völker über, nicht nur des Abendlandes, sondern sie kam auch nach Arabien.

Im 7. Jahrhundert n. Chr. ist von hier eine der größten religiösen Bewegungen ausgegangen, welche man kennt. Mohamed verkündete seine Lehre und gebot, sie mit Feuer und Schwert auszubreiten. Seine Gläubigen folgten dem Gebot. Es entstand ein blühendes Reich am Nordrand Afrikas. Siegreich drangen die Araber sogar über die Meerenge von Gibraltar vor und eroberten beinahe die ganze Pyrenäenhalbinsel. Im 8. Jahrhundert stand das Maurenreich auf seiner wissenschaftlichen Höhe. Damals lebte zu Kufa der arabische Arzt Abu Musa Dschafir, gewöhnlich Geber genannt, als Chemiker, Arzt und Mathematiker gleich berühmt, der bedeutendste Gelehrte vieler Jahrhunderte. Er kannte bereits eine ganze Anzahl Chemikalien und entdeckte noch eine Menge neuer dazu. Durch Rösten von Alaun gewann er das Bitriolöl. Aus Salpeter und Eisenvitriol stellte er Salpetersäure dar; indem er darin Silber auflöste, erhielt er den Höllestein. Setzte er zu seinem Salpeter- und Bitriolgemisch noch Salmiak

hinzu und erhitzte, so erhielt er eine Flüssigkeit, welche Gold auflöste und Königswasser genannt wurde. In Sodalösung rührte er gelöschten Kalk und erhielt die Lauge. Seine reichen chemischen Kenntnisse stellte Geber ganz in den Dienst der aristotelischen Lehre. Wenn jeder Körper aus den vier Elementen zusammengesetzt war, so mußten es auch die Metalle sein; wenn aber jedes Element in das andere übergeführt werden konnte, so mußte dies auch bei den Metallen Geltung haben. Jedes Metall mußte sich also in jedes andere verwandeln lassen und aus Eisen oder Blei oder Kupfer mußte man Gold erhalten können. Die Metalle, die durch gemeinsame Eigenschaften an sich schon einen inneren Zusammenhang verrieten, mußten zu solchen Verwandlungsversuchen mehr als andere Naturkörper anregen. Die Möglichkeit, Metalle aus anderen darzustellen, schien aber auch sonst ziemlich naheliegend. Bei allen hüttenmännischen Vorgängen sah man aus metallähnlichen Erzen die reinen Metalle werden. Aus Bleiglanz erhielt man, scheinbar neu entstanden, das Silber. Es war nur eine Folgerung, anzunehmen, daß jedes Metall aus einem anderen hervorgehen könnte.

Die Wissenschaft, die Geber begründete, nennt man Alchemie. Ihre Anhänger, die Alchemisten, waren von der Wahrheit ihrer Lehren überzeugt. Der Hang zum Wunderbaren, der jenes ganze Zeitalter beherrscht hat, ist auch in der Wissenschaft zum Ausdruck gekommen. Tief in den Höhlen der Erde dachte man sich Gnomen und Kobolde thätig, aus den vier Elementen in geheimnisvoller Arbeit die Metalle aufzubauen. Vom Geschick besonders begünstigte Menschenkinder konnten mit der Wünschelrute die verborgenen Schätze entdecken.

Die sieben Metalle des Altertums dachte man sich in enger Beziehung zu den sieben Hauptgestirnen oder Planeten. Das Gold brachte man mit der Sonne, das Silber mit dem Mond, Kupfer mit der Venus, Eisen mit dem Mars, Zinn mit Jupiter, Blei mit Saturn und Quecksilber mit Merkur in Zusammenhang. Die Metalle erhielten die Namen der Planeten und ihre astronomischen Zeichen. Um ihre Schmelzbarkeit zu erklären, nahm man Wasser als wesentlichen Bestandteil in ihnen an. Auch Salz wurde in ihnen vermutet, weil sie sich in sauren Flüssigkeiten auflösten und weil, wenn man das Lösungsmittel

verdunstete, eine Salzmasse zurückblieb. Die alchemistischen Schriften sind voll von mystischen Bildern und geheimnisvollen Andeutungen. Sie durchzustudieren ist manchmal äußerst schwierig.

Die Alchemie versprach ihren Jüngern die größten Reichtümer der Welt. Es handelte sich nur darum, eifrig zu probieren, bis man das Geheimnis der Natur heraus hatte. Die Substanz, die man den unedlen Metallen zusetzen mußte, um das Uedle zum Verschwinden zu bringen, mußte auch anderweitige Wunderkraft besitzen. Allmählich verlegte sich das ganze Streben der Alchemisten nur noch darauf, dieses Zaubermittel zu erlangen. Man nannte es Stein der Weisen, Rote Tinktur, Magisterium. Die Leute, die sich mit ihm beschäftigten, hießen Adepten. Da ein jeder seine Erfahrungen streng für sich behielt, kam bei all diesen Versuchen für die reine Wissenschaft sehr wenig heraus. Andererseits begünstigte die Geheimnisthuerei, daß geriebene Schwindler ihren Nutzen daraus zogen. Dadurch geriet die Alchemie allmählich in Mißkredit. Trotzdem fanden sich immer wieder reiche Leute, welche Adepten in Sold hielten. Namentlich die Fürsten kleinerer Staaten hätten gerne durch Zaubermittel ihre Staats- und Privatbeutel gefüllt und fielen auf Betrüger herein. Manchmal aber auch zeitigten die großen Opfer an geistiger Arbeit und Geld ihre Früchte. Die Kunst, Gold zu machen, wurde zwar ebensowenig aufgefunden wie der Stein der Weisen. Aber eine Anzahl Entdeckungen sind gemacht worden, die für Industrie und Wissenschaft gleich bedeutsam gewesen sind. Der Franziskanermönch Berthold Schwarz in Freiburg soll statt Gold das Schießpulver erfunden haben. Der Chemiker Brandt (1678?) erwartete bestimmt das Magisterium, wenn er von Stoffen ausging, welche vom menschlichen Körper abgefordert werden. Er glühte Urin in einer Retorte und entdeckte dabei den Phosphor. Der Apotheker und Adept Böttcher (1709) arbeitete für Friedrich August II. von Sachsen und Polen. Das Ergebnis seines Fleißes war die Erfindung des Porzellans.

Selbstverständlich hat es auch in den späteren Zeiten des alchemistischen Studiums ehrliche Männer gegeben, die es mit ihrem Streben ernst nahmen und reiche Kenntnisse sammelten. Wenn damit schließlich auch ab und zu Hokusfokus getrieben wurde, so folgten sie bloß den Zeichen der Zeit: das wundergläubige

Volk wollte eben betrogen sein. Einer der bedeutendsten ist Albert von Bollstedt (1193—1280) gewesen, gewöhnlich Albertus Magnus genannt. Er stellte metallisches Arsen her, kannte die Mennige und beschrieb auch die Wirkung des Schwefels auf die Metalle. Im 15. Jahrhundert entdeckte Basilius Valentinus das Antimon und das Bismut. Er verbesserte die Methoden des Experimentierens und erfand eine große Anzahl chemischer Stoffe zu Heilzwecken. Heute noch werden diese in den Apotheken als Arzneimittel verkauft. Als Arzt berühmt und als Wunderdoktor berüchtigt war Theophrastus Bombastus Paracelsus (1493—1541). Er entdeckte das Zink. Die Zahl der bekannten Metalle war damit auf elf gestiegen. Der Zusammenhang mit den Planeten paßte also nicht mehr und wurde von da ab nicht mehr weiter betont. Die neuen Metalle waren alle nicht so dehnbar wie die alten. Paracelsus trennte sie darum als Halbmetalle von den vollkommenen und gesellte den ersteren auch das Quecksilber zu. Die Einteilung war auf ein leicht wahrnehmbares Merkmal gegründet und wurde bis Anfang des 19. Jahrhunderts beibehalten. Damals sind neue Metalle bekannt geworden, welche sich nicht mehr in die beiden Abteilungen unterordnen ließen. Als Vater der wissenschaftlichen Hüttenkunde verdient ferner noch Agricola (1490—1555) genannt zu werden. In seinem lateinisch geschriebenen Buch „Über die Metalle“ stellt er alles zusammen, was zu seiner Zeit bekannt gewesen ist.

Der erste, der die vier Elemente des Aristoteles und ihre Umwandlungen vollkommen über Bord warf, war Rob. Boyle (1627—1691). Auf Grund seiner zahlreichen Versuche über Verbrennung behauptete er, daß man jeden Stoff, also auch jedes Metall, so lange als einfach ansehen müsse, bis es gelungen sei, ihn zu spalten. Er nahm wahr, daß ein Körper nur dann brennt, wenn Luft hinzukommt; gleichzeitig stellte er fest, daß die Luft sich hierbei vermindert. Boyles Ansichten sind damals noch nicht anerkannt worden. Immerhin aber haben sie zum Bruch mit der aristotelischen Lehre nicht unwesentlich beigetragen. Man sah, wie sich die Metalle in Säuren auflösten und wie diese Lösungen gar keine metallischen Eigenschaften mehr besaßen. Man wußte daß Kupfer, Eisen, Blei sich in der Glühhitze änderten und mit einer Rinde, dem sogenannten Metallkalk, überzogen, welche nicht im geringsten

mehr metallisch war. Die vier Elemente mit all dem geheimnisvollen Spuk genügten aber nicht mehr, die zahlreichen Erscheinungsformen im Wechsel des Stoffes zu erklären.

Am Ende des 17. Jahrhunderts sprach der Chemiker Stahl eine neue Theorie aus, welche er die phlogistische nannte. Sie beherrschte ein volles Jahrhundert die Wissenschaft. Nach Stahl bestehen die Metalle aus einer erdigen Grundlage, dem Metallkalk, und einem unsichtbaren, aber leicht brennenden Stoff, dem Phlogiston. Wird das Metall geglüht, so entweicht das Phlogiston und bildet die Ursache der Feuererscheinung. Es bleibt dann der Metallkalk allein übrig. Das Phlogiston rein darzustellen, hielt man für überflüssig. Dem Einwand, daß nach der phlogistischen Annahme ein Stück Kupfer beim Glühen leichter werden müsse, während es in Wirklichkeit an Gewicht zunimmt, blieb man entweder die Antwort schuldig, oder man behauptete, das Phlogiston mache eben die Körper leichter. Kupferkalk konnte man durch Glühen mit Kohle wieder in metallisches Kupfer zurückverwandeln. Man erklärte dies damit, daß die Kohle sehr phlogistonreich sei, denn sie brenne ja auch gut; beim Glühen gebe sie einen Teil des unsichtbaren Stoffes an den Metallkalk ab und es entsteht wieder das Metall.

Die Stahlische Theorie genügte, eine Anzahl von Erscheinungen zu erklären. Vollkommen ausreichend war sie nicht, namentlich, weil die Gewichtsverhältnisse nicht berücksichtigt waren. Einen hinreichenden Ersatz erhielt sie erst 1775 durch den Franzosen Lavoisier.

Im Jahre vorher entdeckte der Engländer Priestley, und unabhängig von ihm der Schwede Scheele, daß die Luft aus zwei Hauptteilen besteht, von denen der eine der Sauerstoff ist. Lavoisier wies ungefähr zur gleichen Zeit nach, daß die Metalle bei der Verkalkung schwerer werden. Dann aber führte er folgenden, seither schon oft wiederholten Versuch aus.

In einem Glaskolben mit langem und gebogenem Hals erhitzte er eine gewogene Menge Quecksilber mehrere Tage lang. (Fig. 1.) Das vordere Ende des Rohres ragte in eine Glasglocke, in welcher eine genau abgemessene Menge Luft durch Quecksilber abgesperrt war. Im Glaskolben bildete sich allmählich auf dem Metall eine rote Kruste von Quecksilberkalk. Gleichzeitig stieg die Sperrflüssigkeit in der Glasglocke. Mit der Kalk-

bildung verminderte sich also die Luftmenge. Als endlich das Quecksilber in der Glocke nicht mehr stieg, wurde der Apparat auseinander genommen. Die Luftmenge in der Glasglocke war um ein Fünftel geringer geworden. Eine Kerze, die in sie hineingebracht wurde, brannte nicht mehr. Den Inhalt der Glocke nannte man später Stickstoff, weil alle Lebewesen in ihr erstickten. Das Quecksilber und der Quecksilberkalk, welche Lavoisier im Glaskolben hatte, wurden genau gewogen. Es stellte sich eine beträchtliche Gewichtszunahme heraus. Nun sammelte der Gelehrte sorgfältig allen Metallkalk in einem kleineren Glaskolben und erhitzte ihn stark. Hierbei wurde aus dem Kalk

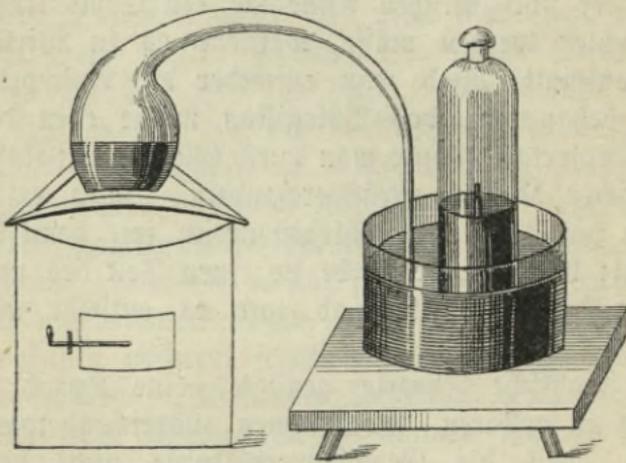


Fig. 1. Versuch, um die Zusammensetzung der Luft zu ermitteln.

wieder das reine Metall. Gleichzeitig entstand ein farbloses Gas, welches aufgefangen und genau nachgemessen wurde. Es ergab genau so viel, als vorher die Luft an Menge abgenommen hatte. Den Quecksilberkalk durch Hitze zu zerlegen, war keine Entdeckung Lavoisiers, sondern es war das Verfahren Priestleys, Sauerstoff darzustellen. Durch diesen außerordentlich wichtigen Versuch wurde die ganze Phlogistontheorie endgültig umgestoßen. Lavoisiers Ansichten sind heute allgemein als richtig anerkannt. Sie sind die Grundlage geworden für die ganze neuere Chemie. Wenn die Metalle geglüht werden, geht nicht ein unsichtbares und unwägbares Etwas aus ihnen heraus, sondern ein zwar unsichtbarer, aber wohl wägbarer Bestandteil der Luft tritt an sie hinzu. Es ist der Sauerstoff.

Seinen Namen hat er davon, weil man früher glaubte, daß er in allen Säuren enthalten sei und den Grund des Sauerwerdens bilde. Er ist die alleinige Ursache, daß eine Kerze oder sonst irgend etwas in der Luft verbrennt. Ebenso wie eine Flamme in reinem Stickstoff sofort erlischt, tritt auch die Metallverfälschung nicht ein, wenn man das Metall in einem Rohr glüht, das nur mit Stickstoff gefüllt ist. Hier können wir also den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Verbrennung und Verfälschung sehen. Beides ist geradezu das nämliche. Wenn eine Kerze brennt, so vereinigt sie sich mit Sauerstoff; das Verbrennungsprodukt geht als Gas in die Luft und ist unsichtbar. Wenn das Metall brennt, so vereinigt es sich ebenfalls mit Sauerstoff; diesmal ist aber das Verbrennungsprodukt ein fester Körper, welcher auf seiner Unterlage zurückbleibt.

Die meisten Metalle verändern sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an ihrer Oberfläche: sie laufen an oder rosten. Das Produkt, welches dabei entsteht, nennt man Oxyd, nach dem wissenschaftlichen Namen des Sauerstoffs, Oxygenium. Nur ganz wenige Metalle giebt es, welche auch beim Glühen nicht verfälschen. Man nennt sie Edelmetalle und rechnet zu ihnen Gold, Silber, Platin und, gewissermaßen als Übergang zu den unedlen, das Quecksilber. Im ganzen kennt man ungefähr vierzig Metalle. Über die Hälfte davon tritt aber nur in so geringer Menge auf, daß sie für den Menschen bloß in wissenschaftlicher Hinsicht in Betracht kommen. Keines von ihnen läßt sich durch irgend welche Kräfte in einfachere Substanzen zerlegen. Man nennt sie darum Grundstoffe oder Elemente. Es giebt aber auch nichtmetallische Grundstoffe. Man hat davon im ganzen ungefähr dreißig kennen gelernt. Auch von ihnen bietet der größere Teil nur wissenschaftliches Interesse. Mit Sauerstoff verbrennen sie genau in der gleichen Weise wie die Metalle. Ihre Vereinigungen unter sich und mit den Metallen bilden die Erdrinde und alles was auf ihr ist. Die Metalle allein für sich betrachten, ohne der Nichtmetalle einige Erwähnung zu thun, hieße der Natur Zwang auferlegen.

Glanz und Farbe lassen die Metalle unzweifelhaft als zusammengehörig erscheinen. Mit alleiniger Ausnahme des Quecksilbers sind sie fest. Erst bei höherer Temperatur verflüssigen sie sich und zwar ist, wie die Erfahrung zeigt, der Schmelzpunkt für ein und dasselbe Metall immer der gleiche.

Für Quecksilber liegt er unter dem des Eises. Die Nichtmetalle sind nicht so einheitlich gekennzeichnet. Bald sind sie gelb, bald rot, bald grün, bald erinnern sie in der Färbung an Metalle. Manche sind luftartig, manche fest. Letztere zerspringen auffallend leicht unter dem Hammer und lassen dadurch einen hohen Grad von Sprödigkeit erkennen. Besser noch als im Aussehen läßt sich die Wesensverschiedenheit der Metalle und Nichtmetalle aus ein paar kleinen Versuchen erkennen. Wenn man ein Stückchen Schwefel an der Kerze anzündet, so kann man es mit den Fingern halten, bis die blaue Flamme selber es unmöglich macht. Erwärmt man aber das Ende eines kleinen Nagels in der Schwefel Flamme, so wird das andere Ende in kurzer Zeit unerträglich heiß. Auf den Schwefel hat genau dieselbe Hitze eingewirkt wie auf das Metall. Aber nur dieses hat die Wärme zu den Fingern befördert. Allgemein hat man herausgefunden, daß die Metalle gute Wärmeleiter sind, die Nichtmetalle schlechte.

Durchschneidet man einen Draht, durch welchen ein elektrischer Strom fließt, und kittet dann die Schnittflächen durch einen Schwefeltropfen wieder zusammen, so bleibt der Strom unterbrochen. Eine elektrische Klingel, die in den Stromkreis eingeschoben war, tönt nicht. Steckt man aber die beiden Drahtenden statt in Schwefel in einen Tropfen Quecksilber oder Schnelllot, so wird der Strom sofort geschlossen und die Klingel ertönt; man hätte auch die beiden Schnittflächen durch irgend ein Stück Metall von beliebiger Gestalt verbinden können und hätte den gleichen Erfolg wie mit Quecksilber erzielt. Alle Metalle sind gute Leiter für Elektrizität, während sich der Strom im Nichtmetall nur sehr schwer fortpflanzt. Beim Verbrennen von Schwefel erhält man ein erstickend riechendes Gas von saurem Geschmack. Es löst sich in Wasser auf und erteilt diesem alle seine Eigenschaften. Gießt man die Flüssigkeit zu Wasser, in welchem Weilsenblüten oder ein Rotkrautblatt gekocht waren, so wird dasselbe grell rot gefärbt. Die gleiche Farbenänderung rufen alle sauer schmeckenden Flüssigkeiten hervor. Man benutzt geradezu die Rotkrautbrühe, um zu prüfen, ob eine Flüssigkeit sauer ist. Die Erfahrung hat nun gelehrt, daß die Verbrennungsprodukte sämtlicher Nichtmetalle die violetten Pflanzenfarben röten. Gießt man dagegen Kalkwasser oder Seifensiederlauge zu der Farbflüssigkeit, so wird sie gelbgrün

oder gelb. Alle Lösungen, die sich wie Kalkwasser verhalten, nennt der Chemiker „Alkalien“ oder „Basen“.

Die Verbrennungsprodukte sämtlicher Metalle, soweit sie sich überhaupt in Wasser lösen, sind basisch. Somit besteht ein chemischer Gegensatz zwischen Nichtmetallen und Metallen: die einen liefern beim Verbrennen „Säuren“, die andern „Alkalien“ oder „Basen“. Färbt man eine Säure mit einigen Tropfen Beilchensaft rot und gießt vorsichtig Kalkwasser oder sonst eine alkalische Flüssigkeit hinzu, so kann man einen Zustand herausprobieren, wo die Lösung weder rot ist von der Säure, noch grün vom Alkali. Sie besitzt dann die natürliche violette Farbe des Beilchensaftes. Jetzt ist keine Säure und kein Alkali mehr in ihr aufgelöst, sondern ein „Salz“. Man erhält es als feste Masse, wenn man die Flüssigkeit eindunstet. Nach der Art, wie es entstanden ist, muß es aus zwei Stücken zusammengesetzt sein. Von der Säure ist ein Teil in ihm enthalten, der „Säurerest“ mit dem Nichtmetall als Hauptstück, und von der Base das Metall. Beide sind nicht zu sehen, auch wenn man es mit dem stärksten Vergrößerungsglas anschaut. Beide kann man aber wieder aus dem Salz herausbekommen, wenn man es in Wasser auflöst und einen kräftigen elektrischen Strom hindurchleitet. Dann scheidet sich an einem Drahtende, am „negativen“ Pol, das Metall aus, am „positiven“ die Säure. Auch diese Erscheinung ist eine sehr bezeichnende Eigentümlichkeit der Metalle und Nichtmetalle.

Da Säuren und Basen sich vereinigen, sobald sie miteinander in Berührung kommen, sind die Salze in der Natur weit verbreitet. Sie bilden sich ebenso gut in dem glühenden Schmelzfluß, der als Lava aus den Vulkanen ausfließt, wie in dem Wasser, das die ganze Erdrinde durchspült. Salze sind im Ackerboden, in den Felsen, im Quellwasser, im Meer, in den Pflanzen, im Körper der Tiere, kurz überall vorhanden. Indem die Salzlösungen sich gegenseitig beeinflussen und verändern, verwittern die Felsen und spielen sich die Vorgänge an Pflanzen und Tieren ab, die man als Äußerungen der Lebens-thätigkeit bezeichnet. Die Salze, welche man zerlegt, um ihren metallischen Bestandteil zu gewinnen, nennt man Erze. Als Abfallprodukt erhält man dabei stets das Nichtmetall des Säurerestes. Gewöhnlich jedoch tritt es nicht als solches in freiem Zustand in die Erscheinung, sondern als Verbindung

mit Sauerstoff. Die chemische Großindustrie verwertet die meisten dieser Körper.

Nachstehende Tabelle enthält die wichtigsten Nichtmetalle. Sauerstoff ist ein Gas, das 1774 von Priestley und Scheele entdeckt wurde. Es brennt nicht, unterstützt dagegen das Brennen sehr gut. Es besitzt keine Farbe, keinen Geruch und keinen Geschmack. Die Luft besteht aus etwa einem Fünftel Sauerstoff und vier Fünftel Stickstoff. In sämtlichen Oxyden ist es enthalten, z. B. im Wasser zu 88%. Seine Gesamtmenge in freiem Zustand sowie in der festen und flüssigen Erdrinde wird auf insgesamt 50% eingeschätzt.

Schwefel ist ein fester, gelber, fettglänzender Körper, der bei 111° schmilzt und bei 424° siedet. Mit Sauerstoff vereinigt er sich zu Schwefligsäure, aus welcher bei Hinzutreten von Wasser und Luft Schwefelsäure wird. Auf der Erde kommt er teils frei vor (Ätna, Girgenti auf Sicilien), teils gebunden an Schwermetalle.

Kohlenstoff heißt in reinstem krySTALLISIERTEM Zustand Diamant, sonst Graphit, Anthracit, Steinkohle je nach Aussehen und Reinheit. Er ist in allen Körpern des Tier- und Pflanzenreiches enthalten und wird daraus gewonnen, wenn man sie bei mangelhaftem Luftzutritt erhitzt. So entsteht Koks, Holzkohle, Torfkohle. Mit Sauerstoff bildet er zwei Arten von Verbrennungsprodukten: wenn genügend Luft zur Verfügung steht, bildet sich Kohlensäure, andernfalls Kohlenoxyd. Das letzte ist brennbar, das erste nicht.

Stickstoff bildet vier Fünftel der Luft; er unterstützt das Brennen und Atmen nicht und vereinigt sich nur sehr schwer mit anderen Grundstoffen. Eine Verbindung mit Wasserstoff heißt Ammoniak oder Salmiakgeist, eine Verbindung mit Sauerstoff und Wasserstoff ist die Salpetersäure.

Phosphor kann als gelbweiße, leicht entzündliche Masse und als roter, schwerer entzündlicher Körper dargestellt werden. Die gelbe Art schmilzt bei 44°, löst sich nicht in Wasser und ist sehr giftig; sie ist in der Zündmasse der Schwefelzündhölzchen enthalten. Die rote Form entsteht bei höherer Temperatur aus der weißen, ist weniger giftig und feuergefährlich. Sie ist in der Reibfläche der „schwedischen“ Streichhölzer enthalten. Aus Phosphor, Sauerstoff und Metall bestehen die phosphorsauren Salze.

Arsen hat metallisches Aussehen und ist sehr spröde. Es ist sehr giftig und wird nur zu einigen Legierungen verwendet. Mit Schwermetallen und Schwefel vereinigt bildet es mehrere Erze. Sein Eigengewicht ist 5,9. Mit Sauerstoff vereinigt bildet es den Arsenik.

Antimon ist ebenfalls von metallischem Aussehen; es hat das Eigengewicht 6,7 und den Schmelzpunkt 450° . Ist ein häufiger Bestandteil der Erze.

Silicium (Kiesel) kommt nur als Sauerstoffverbindung: Kieselsäure in der Natur vor. Dieselbe heißt je nach Farbe und Krystallbildung Bergkrystall, Amethyst, Quarz, Achat, Karneol, Jaspis, Feuerstein u. s. w. Bildet mit Metalloxyden glasartige Massen.

Chlor, 1774 von Scheele entdeckt, ist ein grüngelbes Gas von erstickendem Geruch. Mit Metallen vereinigt es sich äußerst leicht und heftig und kommt niemals in freiem Zustand auf der Erde vor.

Seit man weiß, daß Arsen und Antimon trotz ihres metallischen Aussehens saure Verbrennungsprodukte liefern und schlechte Leiter für Wärme und Elektrizität sind, rechnet man sie zu den Nichtmetallen. Damit ist aber auch die alte Einteilung des Paracelsus in dehnbare oder vollkommene Metalle und spröde oder Halbmetalle unbrauchbar geworden. Trennt

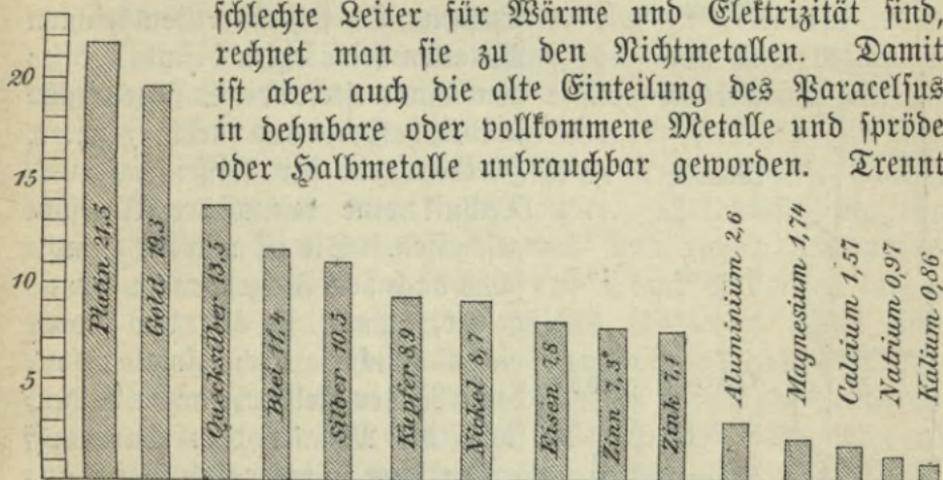


Fig. 2. Zusammenstellung der wichtigsten Metalle nach ihrem Gewicht. Wenn 1 com Wasser 1 g wiegt, so wiegt die gleiche Menge Platin 21,5 g, Gold 19,3 g u. s. w.

man die wenigen Edelmetalle von der großen Schar der unedlen, so hat man in letzteren einen Haufen von ungleichartigen Elementen vereinigt, die nur wenig zusammen passen. Auch nach dem Gewicht hat man die Metalle eingeteilt. (Fig. 2.) Nicht alle sind gleich schwer. Ein Würfel aus Kupfer, dessen Kanten 1 cm Länge besitzen, wiegt 8,9 g. Ein Würfel aus Blei

von gleicher Größe wiegt 11,4, von Gold 19,3 g. Die gleiche Menge Wasser würde genau 1 g wiegen. Die Zahlen 8,9, 11,4, 19,3, welche angeben, wieviel mal schwerer das Metall ist als die gleiche räumliche Menge

Maßzahlen für die Würfel:

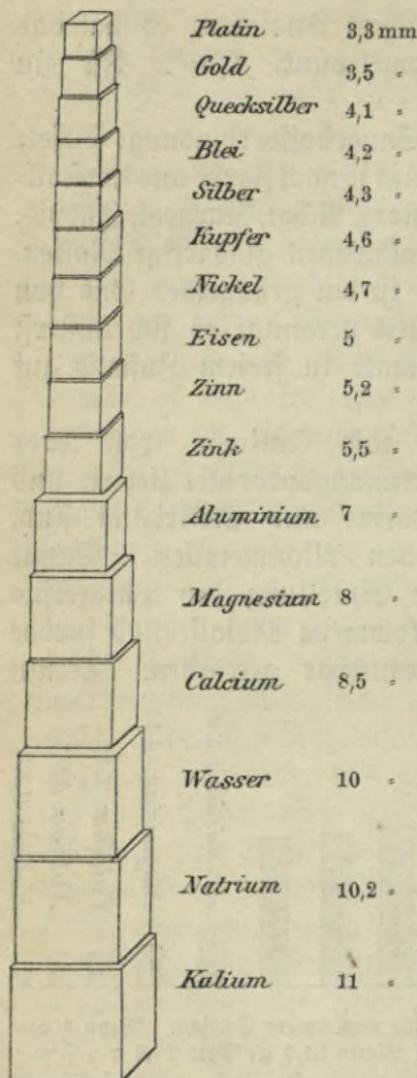


Fig. 3. Jeder dieser Würfel wiegt 1 g, wenn er aus dem betreffenden Stoff angefertigt ist.

Wasser, hat man das Eigengewicht dieser Metalle genannt. Man hat es für alle Körper ermittelt und die Thatsache festgestellt, daß es für die meisten Metalle zwischen 7 und 24 liegt. (Fig. 3.) Nur wenige sind leichter; bei ihnen liegt es unter 3. Zwischen 3 und 7 ist also ein natürlicher Einschnitt in der Reihe. Man hat sie darum in Leichtmetalle und Schwermetalle eingeteilt. Diese Einteilung erscheint um so natürlicher, als sich beide Gruppen auch in ihrem chemischen Verhalten wesentlich unterscheiden. Da sich unter den leichten Metallen keine edlen befinden, kann man ohne weiteres die Schwermetalle in edle, halbedle und unedle einteilen. Hierdurch ist für Wissenschaft und Technik eine brauchbare Übersicht geschaffen. Sie ist auch der Hauptsache nach dem Folgenden zu Grund gelegt, zumal sie für die Zwecke dieses Buches noch einen besonderen Nutzen bietet. Je mehr Widerstand die Metalle dem Sauerstoff leisten, um so mehr sind sie im allgemeinen bestrebt, sich auch von anderen Nichtmetallen frei zu halten; um so leichter also ist es, sie aus den rohen Naturkörpern rein darzustellen. In der That: wären mehr chemische Vorkenntnisse nötig

um Gold zu verschmelzen, so würde es nicht so lange schon dem Menschen zugänglich sein. Mit ihm soll darum auch die Reihe der Einzelbesprechungen ihren Anfang nehmen.

Gold.

Zehn Mark in Gold sind bedeutend schwerer als ein Zehnpfennigstück, obwohl die Goldmünze wesentlich kleiner und dünner ist. Begründet ist diese Thatsache in dem hohen Eigengewicht des Goldes. Blei und Quecksilber übertrifft es damit beträchtlich. Hinsichtlich der Schwere steht es geradezu an der Spitze aller Metalle, einige ganz seltene ausgenommen. Die Bezeichnung Schwermetall verdient es also im höchstmöglichen Grad. Sicher hat auch sein Gewicht dazu beigetragen, im Gold ein Metall von besonderer Art zu erkennen. Die helle Farbe, der schimmernde Glanz, der auch beim Gebrauch nicht verschwindet, sind weitere Merkmale eines hohen Wertes gewesen. Während sonst alle Metalle, alle Münzen, im Gebrauch trüb werden, das Silber kaum ausgenommen, bleiben die goldenen Geräte blank und sauber. Goldstücke, die vor zweitausend Jahren geprägt wurden und schon wenigstens fünfzehn Jahrhunderte im Schutt und Staub verborgen lagen, zeigen heute noch ein tadellos frisches Aussehen. Sie sind weder angelausen noch verrostet. Offenbar neigt das Gold nur ganz wenig dazu, sich mit Nichtmetallen zu vereinigen. Reines Gold verträgt sogar die Glühhitze. Es schmilzt, wenn man es auf Kohle mit dem Lötrohr erhitzt; seine Oberfläche bleibt aber klar. Die Luft hätte bei diesem Versuch hinreichend Gelegenheit gehabt, einzuwirken. Das reine Gold war aber nicht zu bezwingen. Man hat es darum ein Edelmetall genannt. Glüht man dagegen eine Goldmünze, so wird sie tief schwarz. Sie ist also kein reines Gold. Sie ist aus einem Schmelzgemisch (Legierung) von Kupfer mit dem Edelmetall hergestellt, weil reines Gold zu weich wäre und sich infolge dessen zu rasch abnutzen würde. Legt man die schwarze Münze in starke Säure, so wird sie wieder blank. Jetzt ist aber ihre

Oberfläche so weich, daß man sie mit dem Fingernagel polieren kann. Starke Säuren, wie Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure, vermögen Gold nicht anzugreifen. Hierdurch unterscheidet es sich wesentlich von den anderen Metallen, namentlich vom Silber. Sehr viele Goldwaren sind mit Silber legiert. Will man daraus das reine Gold erhalten, so kocht man die Legierung mit Salpetersäure aus. Hierdurch löst sich das Silber, während das Gold als Schlamm am Boden des Gefäßes zurückbleibt. Schon seit vielen Jahren ist diese Trennungsmethode gebräuchlich; die Salpetersäure hat man geradezu Scheidewasser genannt.

Der einzige Stoff, der Gold bezwingt, ist das Chlor. Legt man Gold in eine chlorhaltige Flüssigkeit, so löst es sich. Der erste, der dies beobachtet hat, ist der Alchemist Geber gewesen (im 8. Jahrhundert). Durch Destillation von Salmiak, Salpeter und Bitriol gewann er eine Flüssigkeit, in welcher Gold sich auflöste. Später nannte man diese Flüssigkeit Königswasser, weil sie den „König“ der Metalle überwältigte. Heute stellt man sie dar, indem man Salpetersäure mit der doppelten Menge Salzsäure vermennt. Die Goldlösung ist gelb; wenn sie verdunstet, bleibt ein ebenso gefärbter Rückstand übrig, Chlorgold genannt. Er wird beim Photographieren verwendet.

Was der Mensch nur mit den stärksten Säuren bewältigt, das bringt die Natur mit ganz schwachen chemischen Mitteln zustande.

Das Netz von Wasseradern, das die Erdrinde durchzieht und an einzelnen Stellen als Quell zu Tage tritt, reicht auch in größere Tiefen hinab. Hier nimmt es die Wärme des Gesteins an, welche bekanntlich in der Tiefe viel größer ist als an der Erdoberfläche. Es wird dabei weit über seine Kochtemperatur erhitzt, aber zum Sieden kommt es ebensowenig wie das Wasser im Dampfkessel. Der hohe Gesteinsdruck, der auf ihm lastet, verhindert die Dampfbildung. Man nennt solches Wasser überhitzt. In ihm sind Substanzen löslich, die sich sonst in Wasser nicht lösen würden. Namentlich gilt dies von einer Gruppe von Mineralien, welche als Kieselsäureminerale zusammengefaßt werden.

Sie enthalten sämtlich einen Bestandteil, die Kieselsäure. In reinem Zustande bildet sie eine harte weiße Masse, welche

auf der Erde außerordentlich verbreitet ist und den Namen Quarz führt. In schön krystallisiertem und farblosem Zustand heißt sie Bergkrystall. Auch der Amethyst, Feuerstein, Jaspis und Achat sind Formen der reinen Kieselsäure. Glas und Porzellan sind künstliche Produkte aus ihr; Lava, Granit, Gneis, Porphyr sind natürlich vorkommende Verbindungen. In stark überhitztem Wasser ist sie ein wenig löslich. In diesem Zustand wirkt sie auf Gold ähnlich ein, wie stark verdünntes Königswasser. Wenn die heiße Lösung in ihrem Kreislauf an die Oberfläche kommt, so kühlt sie sich ab und verliert dadurch die gelösten Stoffe zum größten Teil wieder. Die Kieselsäure scheidet sich meistens schon in größeren Tiefen an den Wänden des Quellschachtes ab und bildet dort bisweilen schöne Krystalle.

Jetzt kann aber auch das Gold nicht mehr in Lösung bleiben. In Form von Flimmerchen findet es sich in der Quarzmasse fein verteilt. Die Erdspalte, durch welche vordem das Wasser floß, wird mit immer neuen Mineralschichten ausgestattet und dadurch immer enger. Schließlich ist der ganze Riß ausgefüllt. Aus der Regelmäßigkeit, mit welcher die Mineralien Lage für Lage angeordnet sind, erkennt man die Art, wie sie sich bildeten. Die Füllmasse des Spaltes heißt ein Gang.

Aber in dem heißen Wasser sind außer Gold und Kieselsäure noch viele andere Stoffe gelöst gewesen. Auch diese krystallisieren aus und es entstehen Erzgänge. Auch in der Gegenwart bilden sich noch Gänge. Man hat dies an fast allen heißen Quellen beobachtet. Die heißen Sprudel (Geysir) auf Neuseeland bringen die Kieselsäure sogar bis an die Oberfläche und lagern sie als Kieselsinter ab. Man hat Stücke davon genau untersucht und mit aller Bestimmtheit erkannt, daß sie goldhaltig sind. Damit ist aber die Bildungsweise der goldführenden Quarzgänge ganz unzweifelhaft geworden.

Auch im Granit, Basalt und anderen Felsarten, die in der Vorzeit einmal in glutflüssigem Zustand aus der Tiefe heraufgequollen sind, hat man Gold nachweisen können. Vielleicht ist darum die Annahme richtig, daß das Gold insofern seines hohen Gewichtes in die Tiefe versank, als die Erde noch flüssig war. Dann wäre es den Blicken der Menschen wohl für immer entrückt. Bis zu einem gewissen Grad wird diese Vermutung dadurch bestätigt, daß man für das Erdinnere ein

beträchtlich höheres Eigengewicht herausgerechnet hat als für die feste Rinde.

Die feinen Schuppen und Körnchen muß der Goldgräber mühsam aus dem harten Felsen herausklopfen. Die Natur hat nun aber selbst mitgeholfen und dem Menschen die Arbeit erleichtert. An einzelnen Stellen findet man das Gold in auffallender Menge. Sonst hätte es wohl viel später erst oder vielleicht überhaupt niemals entscheidend in das menschliche Kulturleben eingegriffen. Auch hier arbeitet die Natur mit den einfachsten Hilfsmitteln. Jeder Fels und jedes Gestein verwittert und zerbröckelt unter dem Einfluß der Wärme und Kälte, des Regens, des Eises, des fließenden Wassers und alles dessen, was schon im Wasser darinnen ist. Alle löslichen Gesteinsteilchen lösen sich auf, langsam zwar aber sicher, und gelangen nach dem großen Sammelbecken des Meeres. Was sich nicht löst, gewissermaßen das Gerippe des Felsens, wird von den Wellen und den rollenden Steinen zertrümmert und gelangt in die Strömung. Das Feinste schwebt am längsten im Wasser und wird am weitesten fortgeführt. Zurück bleiben die Teile, welche sich am schwersten zertrümmern und fortführen ließen, nämlich Quarz und Gold. Der eine hat mit seiner Härte den meisten Widerstand geleistet; er bildet den Fluß- und Bachsand. Das andere war zu weich und dehnbar und konnte darum nicht zertrümmert werden. Es bleibt infolge seiner Schwere im Sande liegen. Aus goldführenden Gebirgen stammt also auch goldhaltiger Sand. An manchen Orten wird er ausgewaschen und abgeschlämmt und das edle Metall als Goldstaub gewonnen. So war z. B. früher das Goldwaschen aus dem Rheinsand zwischen Basel und Straßburg lohnend und lieferte einen nicht unwesentlichen Beitrag zu Deutschlands Goldproduktion. Auch die Donau und ihre Alpengewässer führen Goldsand. Ungleich größere Mengen finden sich aber in früheren Flußläufen und Geröllansammlungen, im „Schwemmland“. Von da stammt das meiste Gold, das sich je in den Händen der Menschen befunden hat. Wohl mag manches Metallkorn durch die Kraft des strömenden Wassers mit in das Meer gerissen und manches reiche Goldfeld durch die nagende Thätigkeit der Flüsse vom Erdboden verschwunden sein: manches Lager hat sich eben doch erhalten, geschützt durch Schutt- und Felsmassen oder durch Lavaströme, welche weite

Flächen zudeckten. Während das Gold sich im Schwemmland anreicherte, müssen wesentliche Veränderungen mit ihm vorgegangen sein. Man sollte eigentlich die feinen Schuppen und Körner erwarten, die im ursprünglichen Fels und Quarz ganz enthalten waren. Offenbar haben sie sich aber unter dem Einfluß von irgendwelchen Salzlösungen aufgelöst und nachher wieder metallisch abgeschieden. Denn außer den Körnern findet man auch Goldklumpen von ansehnlicher Größe. Sogar einige ganz auffallend große Stücke sind gefördert worden im Gewicht von 36, 70 und sogar 124 kg.

Derartige Klumpen und selbst nur faustgroße Stücke im Gewicht von 5 oder 6 kg gehören zu den größten Seltenheiten. Und doch müssen es verhältnismäßig große Stücke gewesen sein, welche zum erstenmale den Menschen reizten, ein Schmuckstück daraus anzufertigen. Denn Werkzeuge, um aus kleinen Körnchen große Klumpen zu schmelzen haben erst spätern Geschlechtern zur Verfügung gestanden. Andererseits ist aber auch kaum in Abrede zu stellen, daß das Gold das erste Metall war, in dessen Besitz die Menschheit überhaupt gelangte. Die gelben geschmeidigen Körner, die im Bachsand lagen, immer glitzerten und so leicht sich hämmern ließen, waren sicher dem Naturmenschen ein erwünschtes Schmuckstück. Im ganzen nördlichen Europa hat man mit Gold verzierte Bronzefibeln gefunden — modern würde man es Broschen und Sicherheitsnadeln nennen —, die in der ältesten Zeit der Bronzeperiode angefertigt sein müssen. Unter Bronzezeit versteht man bekanntlich jenen Zeitraum der Vorgeschichte, wo die Menschen aufhörten steinerne Werkzeuge zu benutzen, und anfangen metallene zu verwenden. Damals wurden auch mit Gold eingelegte Schwertgriffe von beträchtlichem Metallwert angefertigt.

Völker, die auf höherer Kulturstufe standen, verwendeten das edle Metall naturgemäß auch viel reichlicher. Sie verstanden es bereits, den Sand mit fließendem Wasser auszuwaschen und die Flimmerchen oder Körnchen zusammenzuschmelzen. Massiv goldene Gegenstände, wie Armringe, Hals- und Kopfschmuck, größere Gefäße kennzeichnen jenen Zeitraum. Noch später tauschte man die eigenen Landeserzeugnisse gegen das Gold der wilden Nachbarstämme. Der griechische Weltreisende Herodot berichtet, wie es die Bewohner Kleinasiens von den

Völkern aus dem Steppengebiet des Aralsees erhielten; diese wieder bezogen es vielleicht aus dem Gebiet des obersten Indus. Durch Vermittelung nomadischer Stämme gelangte viel Gold vom fernen Ural und Altai zu den asiatischen Kulturvölkern.

Die Weltmächte des frühen Altertums, Ägypter, Assyrer und Perser bezogen ihre Reichtümer aus Innerasien. Aber auch Nordafrika mußte seinen Tribut geben. Die Ägypter hatten schon 1600 v. Chr. reiche Gruben am oberen Nil, in Äthiopien und Nubien. Wahrscheinlich haben auch die Sahara-Gebirge den Pharaonen ihre Schätze liefern müssen. Ihr Ertrag wird auf wenigstens 120 Millionen Mark jährlich veranschlagt. Die Könige trieben mit Gold den großartigsten Luxus. Ihre Tempel, Grabkammern und Prunkgemächer waren mit Goldplatten ausgeschlagen. Als Abzeichen der Macht dienten rein goldene Geräte, wie Szepter, Kopfschmuck, Thronstuhl. Aus den Gräberfunden schließt man, daß die Goldschmiedekunst damals schon zu hoher Blüte gelangt war.

Wie die Ägypter ihren Bergbau betrieben haben, wird von griechischen Schriftstellern erzählt. Viele tausende von Verbrechern und Kriegsgefangenen, Männer und Frauen, mußten mit gebundenen Füßen Tag und Nacht arbeiten. Mit spitzigem Eisen brachen die Stärksten die harten Felsstücke los. Knaben schlugen die Stücke kleiner und schafften sie ins Freie. Kräftige Leute zerstampften die Steine in Mörsern mit eiserner Keule bis zu Erbsengröße. Weiber und alte Männer mußten daraus in Handmühlen ein staubfeines Pulver mahlen. Unablässig trieben die Aufseher zur Arbeit an und peitschten die Unglücklichen, wenn sie vor Ermüdung zusammen sanken. Das gemahlene Gestein wurde von den Werkmeistern mehrmals mit Wasser angerührt und abgeschlämmt. Den Goldstaub glühte man mehrere Tage in Thontiegeln mit Blei, Salz, Zinn und Arsen. Als Schmelzrückstand blieb reines Gold und Schlacke übrig.

Gold ist im ganzen geschichtlichen Altertum das wesentliche Zeichen der Macht gewesen. Die meisten Kriege und Eroberungszüge sind darum vor allem als Raubzüge unternommen worden. Alles Gold floß im persischen Weltreich des Chrus, Kambyses und Darius zusammen und wurde in den Schatzkammern von Persepolis aufgestapelt. Was die Ägypter,

Affyrer und Babylonier an Gold besaßen, kam in persischen Besitz. Die Reiche Kleinasien und die Grenzstaaten Indiens wurden ebenfalls unterworfen oder zinspflichtig gemacht. Dem König Krösus von Lydien wurden allein 24000 Pfund Gold abgenommen. Ganz ungeheuerlich sollen die Summen gewesen sein, welche die indischen Fürsten als Tribut zahlen mußten. Das Gold, das sich auf diese Weise in einem Besitz ansammelte, wurde bei Brunkfesten dem Volke gezeigt. Die Perserkönige erteilten Audienzen auf einem Thronstuhl von reinstem Gold und waren mit Gold beinahe bedeckt. Die Griechen des Abendlandes staunten die allmächtigen Despoten an und schätzten den Wert der königlichen Ceremonienkleider auf viele Millionen ein. Die ungeheuren Schätze sind unter den späteren Königen teilweise durch die großartigen Kriegsrüstungen gegen die Griechen aufgebraucht worden. Der größte Teil aber fiel dem macedonischen Eroberer Alexander und seinen Feldherrn zur Beute. Nach heutigem Geld haben sie in der Burg von Persepolis über 500 Millionen Mark in Gold gefunden. Um den Schatz wegzuschaffen, waren zehntausend Gespann Maultiere und fünfhundert Kamele notwendig. Nach Alexanders Tod versflogen die Schätze ebenso schnell, als das macedonische Reich zerbröckelte.

Wahrscheinlich sind die Phönizier das erste Kulturvolk gewesen, welches ein europäisches Goldfeld ausbeutete. Die kühnen Seefahrer waren im Roten und Persischen Meer ebenso bekannt wie im Mittelländischen. Sie holten in Indien Gold und Gewürze und tauschten sie an die Ägypter. Schon achthundert Jahre vor Anfang unserer Zeitrechnung sollen sie Afrika umsegelt haben, ein Unternehmen, das erst zweitausend Jahre später zum erstenmal wiederholt wurde. Sie kamen an den Senegal und den Djoliba und gewannen Gold in verschiedenen Bergwerken.

Sie entdeckten auch die Bodenschätze der spanischen Halbinsel und machten sie nutzbar. Zahlreiche Siedelungen, teils von Phönizien aus, teils von dem Tochterstamm Karthago gegründet, unterhielten einen regelrechten Bergbau in Asturien und Andalusien. Einige spanische Flüsse sollen damals über goldenen Sand geflossen sein.

Unter den europäischen Völkern waren die Griechen und Römer die ersten, welche sich nicht mit zufälligen Goldfunden

begnügten. Sie holten es im Norden ihrer Halbinseln. Thessalien, Thracien und die Insel Thasos deckten lange den Bedarf der Griechen. Die Römer holten das Gold vom großen St. Bernhard an durch das ganze Gebiet der Ostalpen. Auch westlich und östlich der Alpenkette, in Spanien und Illyrien, hatten sie große Bergwerke im Betrieb. Sklaven mußten, wie der Schriftsteller Plinius beschreibt, Stollen in das Geröll und den harten Fels treiben, wobei Feuer und centnerschwere Sprenghämmer verwendet wurden. Dann brachte man die Tragstützen zum Einsturz und verwusch den Schutt. Nordspanien, vor allem Asturien, soll in manchen Jahren 20000 Pfund geliefert haben. Für die Griechen kamen später noch die Küstensiedelungen am Schwarzen Meer hinzu. Kolchis, das Schwemmland des Phasis und anderer westkaukasischen Flüsse scheint eine ergiebige Goldquelle gewesen zu sein. Die Kolchier legten ein Schafsfell in den Fluß, um das schwere Metall zwischen seinen Haaren aufzufangen. Schon während der griechischen Sagenzeit wurden Züge nach dem „goldenen Bliß“ ausgerüstet. Der berühmteste war der Argonautenzug unter Jasons Führung. Persisches Gold kam im fünften und vierten Jahrhundert in großer Menge nach Griechenland. Als Kriegsbeute wurde es in den Perserkriegen genommen; Xerxes soll seinen ganzen Kriegsschatz im Betrag von zwölfhundert Kamelladungen eingebüßt haben. In späteren Jahren schickte Alexander der Große viel Gold von seinem Eroberungszug nach der Heimat.

Mit der Unterwerfung Griechenlands unter Rom kam alles Gold dorthin. Als das Weltreich seine größte Macht entfaltete, brachten die Feldherrn aus den eroberten Provinzen mit, was sie mitnehmen konnten und zeigten es im Triumphzug. Mit unendlichen Summen erkaufte sie die Gunst des Volkes, um ihren Einfluß zu behalten. Gold war das Mittel, sich Macht zu erwerben. Der römischen Gewaltherrschaft war es erwünscht, wenn die unterworfenen Provinzen dieses Machtmittels beraubt wurden.

Die unschätzbaren Goldmassen wirkten entsittlichend auf das Volk. Die Kraft und der innere Zusammenhalt des Staates wurden allmählich zerrüttet. Beutelüsterne germanische Völker drangen von Norden her siegreich über alle Alpenpässe vor und teilten sich in die aufgestapelten Reichtümer.

Den Bergbau in Spanien ließen später die maurischen

Könige fortsetzen. Sie ließen auch wieder Züge nach der ferneren Goldküste Afrikas unternemen, an die gleichen Stellen, wo vor Jahrtausenden schon Ägypter und Phönizier gewesen sein mögen. Die römischen Gruben in den Ostalpen gingen beim Ansturm der Germanen und Slaven während der Völkerwanderung zu Grunde. Mehrfach sind sie später wieder in Betrieb gesetzt worden. Heute jedoch scheint der Bergbau dort nicht mehr zu lohnen. Sehr reich war früher das südliche und nordöstliche Böhmen. Zahlreiche Wäschereien im Gebiet der Szawta und Bergwerke auf goldführenden Quarz in Österreichisch-Schlesien und im Riesengebirge lieferten guten Ertrag. Nur die Gruben im ungarischen Erzgebirge haben sich bis heute gehalten. Sie sind beinahe die einzigen in ganz Europa, die den Betrieb lohnen. Begründet von den Daziern und Römern ungefähr im Anfang unserer Zeitrechnung, haben sie die Stürme der Völkerwanderung nicht überstanden. Erst im 13. Jahrhundert wurde die Arbeit wieder aufgenommen. Um zuverlässige Arbeiter zu haben, wurden deutsche Bergleute niedersächsischen Stammes dort angesiedelt. Der Ertrag ist kein bedeutender. Doch ist er seit einer Reihe von Jahren sehr gleichmäßig. Durchschnittlich werden im Jahr ungefähr 200 kg im Wert von 5 Millionen Mark gefördert.

Sehr beträchtlich ist die Goldmenge, welche Rußland aus dem Ural und dem Land jenseits desselben bezieht. Dem Erdteil nach gehört dieses Gebiet zu Asien und dehnt sich über sechs Breitengrade aus. Auf ungefähr 600 Gruben fördert man im Ural 8200 kg Gold im Jahr. Russisch-Sibirien dürfte seinen Reichtum dem Altai verdanken. Auf einer Fläche, so groß wie ganz Frankreich, soll sich dort viel Gold finden. Auch das ganze Amurgebiet ist reich an diesem Metall. Im Jahr 1882 wurden für ganz Rußland 36120 kg im Wert von 183 Millionen Mark angegeben. Diese Menge ist fast so groß wie die, welche Nordamerika im gleichen Jahr lieferte, etwas größer wie der Ertrag Australiens und über doppelt so groß als der aller übrigen Länder zusammen.

Zu den Gebieten, welche die alte Welt mit Gold versorgen, gehört seit seiner Entdeckung Nordamerika. Das Küstengebirge Mexikos lieferte schon den Azteken ihre Reichtümer. Es ist nur ein kleiner Teil jenes großen Gebirgszuges, der unter dem Namen Cordilleren von der Nordwestspitze Alaskas

bis zum Süden des Südamerikas beim Kap Horn durchzieht. In verschiedenen Teilen dieses längsten aller Gebirge ist Gold gefunden worden. Im Jahre 1848 wurden im Sand des Sacramento-Flusses Goldkörnerchen entdeckt und dies führte zu eifrigen Nachforschungen. In kurzer Zeit waren in dem bisher ziemlich öden Kalifornien viele Tausende von Menschen mit Goldwaschen beschäftigt. Da die Ausbeute die kühnsten Erwartungen überstieg, kamen immer mehr Abenteurer hier zusammen, die ihr Glück in ehrlicher Arbeit oder anderweitig versuchen wollten. Sie besiedelten das Land, bauten Städte und machten die großen Waldbezirke urbar. Die Ausbeute hat inzwischen beträchtlich abgenommen. Aber immer noch betrug sie bis vor wenig Jahren über die Hälfte der Gesamtausbeute der Vereinigten Staaten. Außer dem Sacramento führen noch eine große Anzahl Flüsse des Nordamerikanischen-Gebietes Goldsand.

So produzierte im Jahr 1886 der Staat Kolorado für 17,8 Millionen, Montana für 17,7 Millionen, Nevada für 12,4 Millionen Mark Gold, während Kalifornien für 61,68 Millionen lieferte. Die Gesamtausbeute Kaliforniens von 1848 bis 1898 hat einen Wert von 5540 Millionen Mark. In den letzten Jahren ist die kalifornische Produktion wesentlich zurückgegangen.

Die nordamerikanischen Funde veranlaßten im Jahr 1851 auch im östlichen Australien nachzuforschen. Die Ergebnisse waren überraschend günstig. Man suchte weiter und fand andere goldführende Gebiete. Jetzt sind Victoria, Neu-Süd-Wales, Queensland und Neuseeland zu sehr wichtigen Goldquellen für den Weltmarkt geworden. Im letzten Jahrzehnt kamen neue Funde in Südaustralien, Südafrika (Transvaal) und Alaska (im Gebiet des Yukon und Klondyke) dazu. In allen diesen Fällen handelt es sich um weit ausgedehnte Gebiete, die jedenfalls sehr reich sind.

Die jährliche Goldausbeute betrug in Australien und Transvaal in Kilogramm:

	Australien	Transvaal
1890	125 000	14 000
1894	174 000	64 000
1895	180 000	78 000

In den drei Sommermonaten des Jahres 1897 erreichte die Goldproduktion von Alaska den Wert von annähernd 80 Millionen Mark. Die Weltproduktion der letzten Jahre war durchschnittlich etwa 400 000 kg im Wert von 1112 Millionen Mark. Sie setzte sich für die Jahre 1897—1898 folgendermaßen zusammen.

	1896		1897		1898	
	kg	Mark	kg	Mark	kg	Mark
Nord- u. Central-Amerika	94 096,0	250 143 744	109 759,2	291 784 004	131 823,5	350 424 640
Südamerika	18 363,1	48 825 676	18 867,2	50 156 828	19 999,1	53 165 868
Europa	53 234,2	141 437 264	39 512,7	105 040 568	44 387,5	117 999 732
Asien	22 264,0	59 186 140	24 623,6	65 459 176	25 325,1	67 324 188
Afrika	64 834,3	172 372 084	87 448,6	232 473 328	119 808,4	318 498 764
Australien	65 070,9	173 003 412	78 981,8	209 965 116	93 732,3	249 177 924
Zusammen:	317 862,5	844 968 320	359 193,1	954 879 020	435 075,9	1 156 591 116

Deutschland produzierte im Jahre 1898 2847 kg im Wert von 7 413 410 Mark. Von dem Gesamtgold der Erde verwendet zur Zeit die Industrie und Goldschmiedekunst ungefähr 100 000 bis 120 000 kg. Der Rest wird ausgeprägt.

Wenn die heutigen Goldfelder ausgebeutet sind, werden sicher wieder neue entdeckt werden. Auch sie werden ihren Reichtum den Menschen ausliefern müssen. Endlich aber muß eine Zeit kommen, wo alle Erdteile so ausgesucht und so arm sein werden, wie Europa es jetzt ist. Vielleicht ist dieser Zeitpunkt nicht mehr ferne. Denn nach Berechnungen sind bereits zwei Drittel des sämtlichen, den Menschen jemals zugänglichen Goldes bereits durch Menschenhände gegangen. Aber dann hat auch das Gold den Hauptteil seiner Kulturmission erfüllt.

Angelockt durch den Reichtum an Edelmetallen besiedelten die Phönicië die Pyrenäenhalbinsel. Die arbeitsamen Kolonisten produzierten aber nicht nur Metallschätze. Durch ihr Beispiel verbreiteten sie bessere Sitten unter den Barbarenstämmen und zeigten, wie weit es regsamere Fleiß und Kenntnisse bringen können. Der Zusammenhang unter den Ansiedlern vermehrte die Macht und Größe des Vaterlandes. Genau dieselbe Erscheinung tritt bei der Besiedlung Amerikas und Australiens durch Spanier, Portugiesen und Engländer zu Tage. Stets nimmt das niedriger stehende Volk die Kultur des höher stehenden an. Stets bietet sich dem strebsamen Arbeiter ein günstiges

Fortkommen. Der beste Beweis ist Kalifornien. Noch 1848 lag dieses Land unbekannt und unbeachtet drüben im fernsten Westen. Angelockt durch die reichen Funde strömten Millionen von Auswanderern dorthin. Mögen auch viele davon unterlegen sein in dem schonungslosen und erbitterten Streit des Wettbewerbs; mag auch vieles zweifelhafte Gesindel dorthin zusammengeströmt sein um sein Glück zu machen: die Besten haben eben doch im Kampfe um das Dasein gesiegt, die Schwachen sind unterlegen und die lichtscheuen Gesellen haben dort nicht mehr Einfluß behalten, als sonst irgendwo. Heute nach 50 Jahren ist Kalifornien einer der blühendsten Staaten der Republik mit sehr bedeutender Weizenausfuhr. Seine Hauptstadt San Francisco hat heute zehntausendmal so viele Einwohner, als es vor einem halben Jahrhundert in seinen zwölf Lehmhütten beherbergen konnte. Ganz dasselbe Ergebnis hatten die australischen Goldfunde zu Anfang der fünfziger Jahre. Dieselben Ergebnisse werden aber auch die neuesten Funde Australiens, Südafrikas und der übrigen Goldländer erzielen: eine Auswanderung aus dem alten Europa und Beginn einer neuen Pflegestätte der Kultur in bisher unzivilisiertem Land.

So alt beim Menschen die Sucht nach Gold ist, die ältesten Methoden der Goldgewinnung haben sich bis auf den heutigen Tag erhalten. Heute noch schöpfen die Neger Brasiliens den goldhaltigen Sand mit der Kürbisschale und waschen ihn im strömenden Wasser aus, bis am Boden die gelben Körner zurückbleiben. Heute noch legen sie die zottigen Schafsfelle in den goldführenden Fluß, genau wie im frühen Altertum die Kolchier thaten. In einigen Gegenden Ungarns wenden die Zigeuner genau das gleiche Verfahren an, nur daß eine große Ochsenhaut das Schafsfell ersetzen muß. Fast ebenso ursprünglich ist auch die Maschine, welche in Ungarn und in Sardinien gleichsam als Ersatz des Felles genommen wird: ein langes Brett mit Leisten oder mit Killen, über welche der im Wasser aufgeschlämmte Sand herabfließt.

Die ersten Goldgräber der Vereinigten Staaten verbesserten das Auswaschen mit Kürbisschale oder Brett, indem sie statt der ersten die Pfanne (Fig. 4), statt des letzteren die Wiege einführten. Die Pfanne ist ein flaches Gefäß von fast einem halben Meter Durchmesser, das in der Mitte eine Vertiefung

hat. Die goldhaltige Erde oder das zerkleinerte Gestein wird hineingefüllt. Durch Umschwenken unter fließendem Wasser werden alle leichten Teile weggeschwemmt, bis nur noch das Gold mit den größten Gesteinsbrocken in der Vertiefung liegt. Es wird alsdann unmittelbar ausgelesen oder auf chemischem Weg aufgelöst. Bedeutend rascher arbeitet die Wiege (Fig. 5), die in Kalifornien und Australien gebräuchlich ist. Es ist dies ein hölzerner oder eiserner Kasten von 2 m Länge, der auf zwei untergelegten, gebogenen Hölzern sich

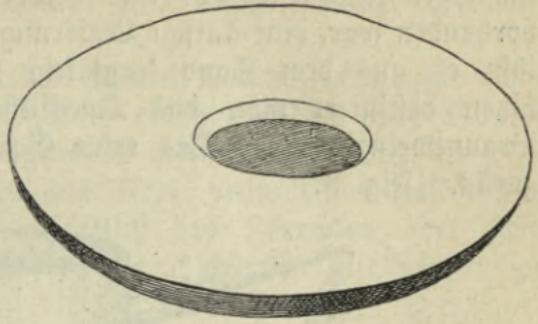


Fig. 4. Goldpfanne.

schaukeln läßt. Über seinem oberen Ende ist ein enger Krost oder ein Sieb angebracht; auf dem Boden befinden sich Querleisten. Auf den Krost wirft ein Mann dann den Goldsand, den ein zweiter für ihn gegraben hatte; ein dritter schaukelt die Wiege und ein vierter

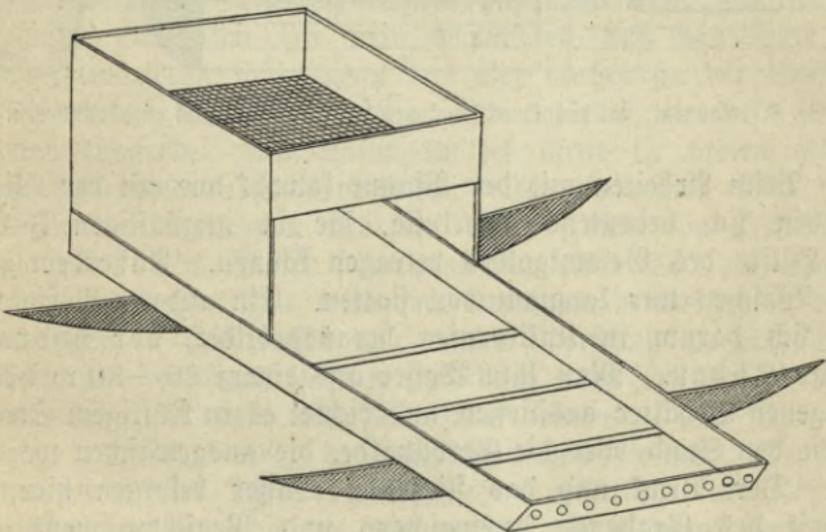


Fig. 5. Kalifornische Goldwiege.

besorgt und regelt die Wasserzufuhr. Hinter den Querleisten sammelt sich Gold und schwerer Sand. Nach einiger Zeit wird beides herausgekratzt, getrocknet und verlesen. Die mühsamste und zeitraubendste Arbeit ist natürlich das Heraussuchen aus

den Waschrückständen. Einen Ersatz dafür hat erst unser Jahrhundert gebracht. Man löst das Gold mit chemischen Mitteln und gießt die Flüssigkeit von dem Rückstand ab. Hierzu verwendet man das Quecksilber. In diesem flüssigen Metall löst sich Gold sehr leicht auf und bildet, wenn genug Quecksilber vorhanden war, eine flüssige Legierung, das Goldamalgam. Man läßt es aus dem Sand sorgfältig herausfließen. Durch Erhitzen destilliert man das Quecksilber ab, ähnlich wie man Brantwein brennt. Das reine Gold bleibt im Brennapparat zurück. (Fig. 6.)

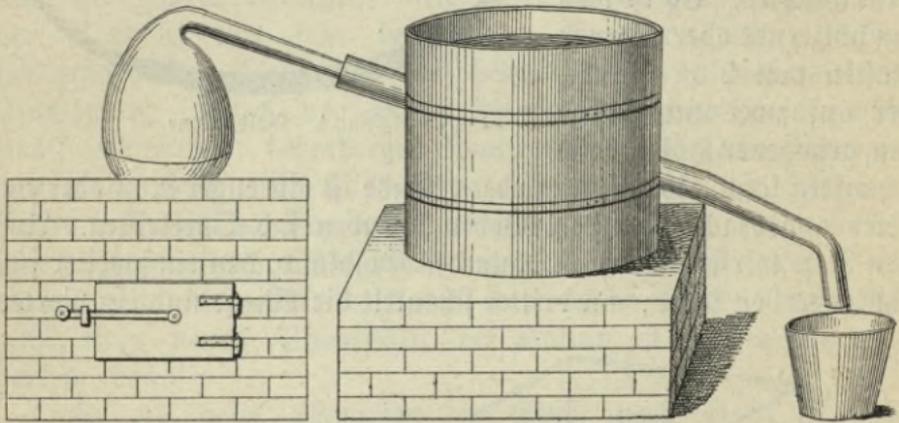


Fig. 6. Apparat, um das Quecksilber aus dem Goldamalgam abzudestillieren.

Beim Arbeiten mit der Pfanne sowohl wie mit der Wiege ergeben sich bedeutende Verluste, die in ungünstigen Fällen die Hälfte des Gesamtgoldes betragen können. Außerdem geht das Waschen nur langsam von statten. Ein anderes Verfahren hat sich darum in Kalifornien herausgebildet, der hydraulische Abbau. Man läßt Wasser aus einem 20—30 m höher gelegenen Behälter ausfließen und richtet es in kräftigem Strahl gegen den Sand oder die Geröllhalde, die ausgewaschen werden soll. Der Druck und das fließende Wasser besorgen hier die Arbeit des Grabens, Auswaschens und Wegschwemmens auf einmal. Das Geschäft geht zehnmal so schnell wie das Auswaschen mit der Hand; der Arbeitslohn ist dementsprechend auch zehnmal geringer. Den Sand leitet man durch eine gepflasterte Rinne, in der sich Quecksilbertropfen befinden. Von Zeit zu Zeit wird das Amalgam herausgeholt, mit Quecksilber verdünnt und durch Segeltuch filtriert. Das viele Gerölle, das

beim hydraulischen Abbau in den Bächen abgeführt wird, wirkt oft insofern störend, als die weiter abwärts befindlichen Wäschereien versanden, oder die Bäche sich stauen und über-treten. Das Verfahren ist darum neuerdings von seiten der Behörden erheblich eingeschränkt und auch geradezu verboten worden.

Statt der Menschenarbeit kommt Maschinenkraft zur Verwendung, wenn der Goldgehalt eines Sandes oder Quarz-ganges im Großbetrieb ausgebeutet werden soll. Dies ist z. B. auf den staatlichen Gruben des Ural vielfach der Fall. Die Maschinen haben hierbei wesentlich das Zermalen oder Zer-stampfen des Gesteins und das Durchschütteln mit Wasser zu besorgen.

Solange das Gold in einigermaßen beträchtlichen Stückchen im Gestein enthalten ist, kann es noch mit Vorteil ausgewaschen werden. Sind aber die Teilchen unsichtbar klein und in ge-ringer Anzahl in eine große Felsmasse eingesprengt oder ist es in den Erzen anderer Metalle eingeschlossen, so nützt das Aus-waschen nichts mehr. Dann wird das Gestein oder Erz aufs feinste zermahlen und mit einem passenden Lösungsmittel be-handelt. Bisweilen hat man beobachtet, daß das Gold sich leichter ausziehen läßt, wenn das Erz vorher an der Luft ge-röstet wurde. Diese Operationen sind natürlich nur beim Groß-betrieb lohnend. Als Lösungsmittel dient in vielen Fällen auch hier wieder das Quecksilber. Im einfachsten Fall wird das Gestein in eisernen Mörsern unter Zusatz von Quecksilber zerstampft. Mit Wasser schwemmt man einen Teil des Sandes ab. Nach einiger Zeit wird das Amalgam herausgeholt, durch Auspressen in Ledersäcken von einem Überschuß an Quecksilber befreit und destilliert. Oft nimmt man auch statt des Mörsers einen Trog, in dem ein Mühlstein umläuft. Die Ausbeute beträgt ungefähr 80% des ursprünglichen Goldes. Der Ge-winn wird aber durch beträchtliche Quecksilberverluste herab-gemindert. Um diese zu vermeiden, mahlt man auch das Gestein für sich und rührt es nachher mit Wasser zu einem dünnen Brei an. Dieser fließt über Quecksilber weg und giebt fein Gold an dasselbe ab. In Schemnitz heudet man auf diese Art den ganzen Gehalt eines gold- und silberhaltigen Bleierzes mit nur 0,000 31 bis 0,000 65% Gold aus. Meistens ver-arbeitet man jedoch in solchen Fällen die Bleierze auf Blei,

die Kupfererze auf Kupfer und scheidet aus dem halb oder ganz fertigen Produkt das Gold.

In neuerer Zeit hat man auch, um das teuere Quecksilber zu sparen, sich nach anderen Lösungsmitteln umgesehen. Am nächsten lag der Gedanke an Chlor, welches ja Gold sehr leicht löst. Man erzielt damit in vielen Fällen günstige Erfolge. Störend würde ein Arsengehalt des Erzes wirken, weil die Chlorverbindung des Arsens (Chlorarsen) das Chlorgold zersetzt, indem es metallisches Gold abscheidet. Das Gold aber, das aus dem arsenhaltigen Erz in Lösung gegangen wäre, würde im Erz gleich wieder abgeschieden werden und so verloren gehen. Auch ein Gehalt an Antimon oder Schwefel würde ähnlich wirken. Um diese störenden Nichtmetalle zu entfernen, genügt bisweilen ein kräftiges Erhitzen unter Luftzutritt (Rösten). Wenn es sich um ganz geringhaltige Erze handelt, werden auch andere Lösungsmittel angewandt, z. B. unterschwefligsaures Natron, Chankalium, Blutlaugensalz.

Das Gold, das auf die eine oder andere Art in Lösung ging, wird wieder metallisch abgeschieden. Man schmilzt es dann, um es zu reinigen, unter Zusatz von Salpeter oder Borax ein. Sehr oft wird es auch mit Blei legiert. Unter Luftzutritt glüht man dann kräftig, bis alles Blei verbrannt ist und reines Gold zurückbleibt. Stets erhält man es als Metallklumpen, der gelblich oder rötlich schimmert, je nachdem Borax oder Salpeter zur Reinigung verwendet waren.

Reines Gold ist sehr weich. Es wird darum stets mit Kupfer oder Silber verschmolzen, um es zu härten. Dabei büßt es allerdings einen großen Teil einer sehr wichtigen Eigenschaft ein, seine Dehnbarkeit. In reinem Zustand besitzt es die Fähigkeit sich zu dünnen Blättern von nur $\frac{1}{8000}$ mm Dicke auszuklopfen zu lassen. Zu diesem Zweck wird es als dünnes Blech zwischen starkem Pergamentpapier, später zwischen ganz dünnen Häutchen ausgebreitet und mit schweren Holzhämmern bearbeitet, bis die richtige Dicke erreicht ist. Dann wird es in Hestchen aus Seidenpapier verpackt und kommt als echtes Blattgold in den Handel. Es ist so fein, daß das Licht mit blaugrüner Farbe durchschimmert. Das unechte Blattgold ist viel billiger; es ist eine Legierung von Kupfer mit Zinn oder Zink (also Bronze oder Messing). Schon im Altertum stellten die Griechen Blattgold her, das allerdings ungefähr dreimal so dick war wie

das heutige. Sie verwendeten es zum Vergolden ihrer Statuen oder als Goldbronze auf großen Wandgemälden.

Waren aus unedlem Metall, die außen mit dünnem Goldblech überzogen sind, so daß man sie für echt golden halten kann, führen die Bezeichnung Doubleé. Wird ein Gegenstand mit einer außerordentlich dünnen Goldschicht überzogen, so daß es den Anschein erweckt als wäre er ganz von Gold oder mit Gold eingelegt, so nennt man die Arbeit Vergoldung. Am dauerhaftesten ist die Feuervergoldung, welche durch Aufstreichen von Goldamalgam und nachheriges Erhitzen des Gegenstandes bewirkt wird.

Den Feingehalt einer Goldware prüft der Goldschmied durch den Strich auf dem Probierschiefer, einer schwarzen Sorte des gewöhnlichen Feuersteins. Der Strich wird mit Scheidewasser behandelt. Je nachdem viel oder wenig Metall auf dem Stein zurückbleibt, ist auch viel oder wenig Gold vorhanden. Zum Vergleich dienen Striche mit Goldnadeln von bekanntem Gehalt. Im Deutschen Reich wird dieser Gehalt durch Angabe der Tausendteile Gold bezeichnet. Die Zehn- und Zwanzigmarkstücke enthalten z. B. 900 Tausendteile, denn sie sind aus einer Legierung von 900 Gewichtsteilen Gold und 100 Gewichtsteilen Kupfer hergestellt. Früher bezog man die Angaben nicht auf 1000 sondern auf 24 und nannte sie Karat. Ein 16 karätiges Gold enthält also in 24 Teilen der Legierung 16 Teile Gold, entsprechend unserer heutigen Bezeichnungsweise 666,6 Tausendteile. 18 karätiges Gold entspricht also 750 Tausendteilen, 24 Karat sind 1000 Tausendteile.

Seit nahezu dreitausend Jahren werden Goldlegierungen zu Münzen geschlagen. Die Verwendung des Goldes als Wertmittel ist aber viel älter. Schon im 16. Jahrhundert v. Chr. waren gestempelte Goldbarren in Ägypten als Tauschgegenstand gebräuchlich. Ununterbrochen hat es seither dem gleichen Zweck gedient. Den Goldpreis hat man hierbei als Grundlage und Wertmesser genommen und den Preis der anderen Metalle darnach bestimmt. Seitdem die Welt mit dem amerikanischen, australischen und afrikanischen Gold überschwemmt wird, hat es an Wert kaum etwas eingebüßt. Es ist nunmehr in solcher Menge vorhanden, daß es von sehr vielen Staaten geradezu als Grundlage für die Währung eingeführt worden ist. Die

Goldwährung bedeutet einen wesentlichen Fortschritt im Münzwesen, indem 364 g Gold dieselbe Kaufkraft (1000 Mark) haben wie $12\frac{1}{2}$ kg Silber oder 1000 kg Kupfer.

Heute noch dient das Gold, wie vor Tausenden von Jahren, als Schmuck der Menschen, der Götterbilder, der Tempel und Altäre. Es ist das Zeichen des Reichtums und der Macht, der Lohn für körperliche und geistige Arbeit.

Platin.

Im Anfang der dreißiger Jahre des 18. Jahrhunderts fand der spanische General Don Antonio de Ulloa im goldführenden Sand des Fließchens Pinto in Neugranada (Südamerika) weiße Metallkörnchen von eigentümlicher Beschaffenheit. Sie sahen aus wie Silber, ließen sich polieren und glänzten prächtig. Silber war es jedenfalls nicht, denn die Körner ließen sich nicht schmelzen. Er veröffentlichte seine Entdeckung und bezeichnete die Körner als einen metallischen Stein, der sich nicht bearbeiten lasse. 1750 erhielt der Engländer Watson durch Vermittlung eines Bekannten eine zur Untersuchung geeignete Menge der weißen Körnchen. Bald sah er, daß es sich um ein neues Metall handle. Um einen Namen brauchte er nicht verlegen zu sein. Die südamerikanischen Goldgräber waren schon früher, vielleicht schon lange vor Ulloas Fund, auf das neue Metall aufmerksam geworden. Sie nannten es nach dem spanischen Wort plata (= Silber) Platina del Pinto. Der „Silberling“ behielt seinen spanischen Namen Platina auch für alle Zukunft in der Wissenschaft und Industrie. Einstweilen wußte man mit dem seltsamen Körper nichts anzufangen. Sein hohes Gewicht (21,9 mal so schwer als Wasser, also schwerer als Gold) ließ aber die Befürchtung aufkommen, daß es zur Verfälschung von Gold verwendet werden könnte. Auf Anordnung der Behörden wurde es deshalb weggeräumt, wo es zu finden war, und in tiefe Flüsse versenkt.

Der schwedische Chemiker Scheffer entdeckte, daß das Platin sich in Königswasser löst, daß es auch im stärksten Kohlenfeuer unschmelzbar ist und sich dabei nicht oxydiert, daß es aber sehr leicht sich verflüßigt, wenn man es mit Arsen zusammen erhitzt. Als man später beobachtete, daß das Arsen bei kräftiger Glühhitze sich wieder verflüchtigen läßt, war das Mittel gegeben,

größere Mengen von Platin zu einem Klumpen zu vereinigen. Noch später lernte man, das Metall aus seiner Königswasser-Lösung als feines Pulver abzuscheiden und dieses zu Barren und Blech zusammen zu schweißen. Nunmehr hob die spanische Regierung ihr Platin-Verbot auf und zog, was sie an Platin bekommen konnte, für den königlichen Schatz ein. Als Vergütung bezahlte sie zwei Dollar für das Pfund. Im Jahr 1819 wurde auch in den Goldwäschen des Ural Platin gefunden.

Seither deckt Rußland fast ausschließlich den Bedarf an diesem für Wissenschaft und Industrie unentbehrlich gewordenen Metall. Seine Gruben am Altai und am Ural, vor allem bei Nischni-Tagilsk, liefern jährlich weit über die Hälfte der Weltproduktion. Im Jahre 1895 förderte es 5209 kg und führt seit 1891 jährlich für 2,5—3 Millionen Mark aus. Geringe Mengen von Platin stammen auch aus Neugranada, Brasilien, Peru, Kalifornien und Mexiko, zusammen ungefähr 250 kg jährlich. Von Borneo kommen jährlich gegen 400 kg. In der Gesellschaft des Platins findet sich stets Gold. Umgekehrt trifft man fast immer Spuren von Platin, wo Gold und Silber vorkommt. Der Rheinsand enthält 0,0004 ‰, das Gold aus Kongsberg in Schweden bis zu 5,5 ‰.

Vom Platin weiß das große Publikum gewöhnlich gar nichts, nicht einmal seinen Namen. Außer denen, die gerade zufällig mit ihm zu thun haben, bekommt es ja auch niemand weiter zu sehen. Man macht keine Werkzeuge, keine Schmucksachen aus ihm; zu Münzen ist es auch nur ganz kurze Zeit verwendet worden, und diese Zeit liegt schon 70 Jahre hinter uns. Und doch sind die Physik und vor allem die Chemie, von der Existenz dieses Metalles außerordentlich abhängig. In noch viel höherem Grade nämlich, wie das Gold, verdient das Platin die Bezeichnung Edelmetall. Es läßt sich beliebig lange an der Luft erhitzen, ohne sich irgendwie zu verändern. Im bestmöglichen Windofen schmilzt es nicht. In der Glühhitze ist es aber so weich, daß es sich schmieden und schweißen läßt. Von Chlor wird es ähnlich angegriffen wie Gold, nur viel schwächer. Königswasser ist das einzige Mittel, Platin verhältnismäßig leicht zu lösen. Hierbei erhält man Chlorplatin als gelbbraune, krümelige Masse.

Bei dieser geringen Neigung, sich mit den natürlich wirkenden

Chemikalien zu vereinigen, ist es begreiflich, daß man das Platin fast nur gediegen in der Natur vorfindet. Einzige Ausnahme ist ein seltenes Vorkommen in Kanada, eine Vereinigung mit Arsen. Gediegen wird es im Schwemmland in Körnern und Blättchen angetroffen, selten in größeren Klumpen. Einer der größten, die je gefunden worden sind, wog 9,6 kg und stammte aus dem Ural; ein ähnlicher Fund, aus Brasilien, wird in Madrid aufbewahrt und wiegt 12 kg. Die natürlichen Körner sind kein reines Platin. Stets sind es Legierungen mit einigen Metallen, die nur in dieser Form vorkommen und darum Platinmetalle genannt worden sind. Sie sind, weil sie im Vergleich mit anderen Metallen außerordentlich selten und teuer sind, technisch nahezu bedeutungslos, für die Wissenschaft aber sehr interessant. Es sind das Iridium, Osmium, Rhodium, Palladium und Ruthenium. Vermutlich sind alle fünf mit dem Platin zusammen einmal in dem glutflüssigen Gestein aufgelöst gewesen und aus dem Erdinnern herausgequollen. Beim Abkühlen haben sie sich dann gemeinsam abgeschieden.

Im Muttergestein eingeschlossen findet man aber das Platin nur ganz selten. Im Schwemmland sind seine Gesellschafter solche Mineralien, die sich durch Druck nicht leicht zerstören lassen: außer dem Gold noch Magneteisenerz, Quarz, Korund, Diamant. Durch Abspülen mit Wasser wird der Platinsand von seinen erdigen Bestandteilen befreit und ähnlich wie der Goldsand verwaschen. Schließlich bleibt nur das Platinerz zurück, vermengt mit Gold und Magneteisen. Das weitere Trennen geschieht sodann auf dem Wege der chemischen Lösung. Mit verdünntem Königswasser nimmt man das Gold und Eisen weg, mit starkem löst man das Platinerz. Die Begleitmetalle werden alsdann durch Zusatz von Salzlösungen ausgefällt, bis nur reines Platinsalz übrig bleibt. Indem man dieses glüht, erhält man das reine Metall als schwarzes feines Pulver, das Platinschwarz oder Platinmohr. Früher schmiedete man dasselbe in weißglühendem Zustand zusammen. Jetzt wird es fast allgemein im Knallgasgebläse eingeschmolzen. Zu diesem Zweck läßt man Wasserstoffgas oder Leuchtgas aus einer engen Öffnung ausströmen und entzündet es. Unmittelbar zu der Flamme wird Sauerstoffgas geleitet. Hierdurch entsteht eine Hitze von etwa 2000°. Da der Schmelzpunkt des Platins bei 1750° liegt, so verflüssigt es sich in der Knallgasflamme

ohne weiteres. Es wird in dünne Platten gegossen, welche man zu Blech und Draht auszuhämmert und auszieht. Daraus stellt man Apparate her, die besonders widerstandsfähig gegen Luft, Hitze und starke Säuren sein müssen. Große Mengen Platin braucht man in den Schwefelsäurefabriken, um die Säure darin einzudampfen. Jede elektrische Glühlampe enthält ein kurzes Platindrahtstückchen, welches die Hausleitung mit dem Kohlenfaden verbindet. Zahllose kleinere Apparate für wissenschaftliche Untersuchungen enthalten das Metall als unentbehrlichen und kaum zu ersetzenden Bestandteil.

Eine ganz merkwürdige Eigenschaft besitzt das Platinschwarz. Aus unbekanntem Gründen verdichtet es an seiner Oberfläche große Mengen von Luftsaurestoff, welcher dabei ganz besonders wirkungsfähig wird. Wasserstoffgas entzündet sich sofort, wenn es mit dem Platinschwarz in Berührung kommt; Weingeistdampf verwandelt sich rasch in Essig. Auch das gewalzte Platin verdichtet Sauerstoff auf sich, aber lange nicht soviel wie das Platinschwarz, weil hier die Oberfläche außerordentlich viel größer ist.

Quecksilber.

Ein auffallendes Metall ist das Quecksilber, so merkwürdig, daß man lange an seinem metallischen Charakter gezweifelt hat. Die Eigenschaft, bei gewöhnlicher Temperatur flüssig zu sein, darf aber heute nicht mehr überraschen. Wir wissen, daß jedes Metall seinen besonderen Schmelzpunkt hat und daß dieser in den einzelnen Fällen außerordentlich verschieden sein kann. Während beispielsweise das Platin erst bei 1750° schmilzt, verflüssigt sich Kupfer bei 1054° , Silber bei 950° , Blei bei 330° , Zinn bei 230° , Kalium bei 62° . Warum sollte der Schmelzpunkt nicht noch weiter heruntergehen, unter die Temperatur, welche der Mensch sehr willfährlich als Nullpunkt des Thermometers angenommen hat? In der That, wenn wir Quecksilber auf die für deutsches Klima auffallend niedrigere Temperatur von 39° unter Null abfühlen, so erhalten wir es in festem und dehnbarem Zustand. Es sieht dann genau aus wie frisch gegossenes Silber. Sein deutscher Name Quecksilber (die erste Silbe ist noch in den Wörtern erquickten, Quickborn u. erhalten und bedeutet frisch, lebhaft) ist darum ebenso bezeichnend wie die Namen des klassischen Altertums, bei den Römern *argentum vivum* (lebendiges Silber), bei den Griechen *hydrargyros* (Wassersilber).

Mit allen geschmolzenen Metallen hat es die Eigentümlichkeit gemeinsam, den Schmelzpunkt anderer Metalle herabzudrücken und mit ihnen eine Legierung zu bilden. Die Quecksilberlegierungen kommen nun mit den meisten Metallen sehr leicht zustande und führen den Namen Amalgam. Da sich auch Gold auffallend leicht in ihm auflöst, wurde das Quecksilber von den Alchemisten einer besonderen Beachtung gewürdigt. Sie hielten es für die Mutter aller Metalle und nannten es wegen seiner Beweglichkeit *Mercurius*, nach dem trügerischen Gott der Kauf-

leute und Diebe. Schon im Altertum kannte man seine giftige Wirkung. Heute weiß man, daß jedes Lebewesen mit ihm oder mit Salzen von ihm vernichtet werden kann. Die Heilkunst macht davon Gebrauch, indem sie Wunden mit Chlorquecksilber-Lösung (Sublimat) auswaschen läßt, um die kleinsten und doch schlimmsten Feinde des Menschen, die Bakterien und Fäulnis-pilze abzutöten. Bei längerem Erhitzen an der Luft verändert es sich. Seine Asche, Quecksilberoxyd genannt, ist ziegelrot. Wird sie stärker erhitzt, so zerfällt sie wieder in Quecksilber und Sauerstoff. Von dieser Eigenschaft macht man bisweilen Gebrauch, wenn man Sauerstoff bereiten will. Chlor und sämtliche starken Säuren vereinigen sich leicht mit dem Metall oder seinem Oxyd unter Bildung von festen, in Wasser löslichen Salzen. Die bekanntesten unter ihnen sind die beiden Chlorverbindungen Sublimat und Kalomel.

In der Natur findet es sich teils gediegen in Form von feinen Tröpfchen ins Gestein eingesprengt, teils als Zinnober oder Schwefelquecksilber. Aus diesem wird das meiste Quecksilber des Handels dargestellt. Auf seinen Fundstellen ist es von Schwefelkies, Arsenverbindungen, Gold-, Kupfer- und Zinkerzen begleitet. Seine Entstehung im Gestein verdankt es einer Reihe von chemischen Vorgängen, die größtenteils im Wasser vor sich gegangen sind.

Obwohl an vielen Stellen der Erde auftretend, sind eigentlich nur wenige Gruben für den Weltmarkt wichtig. Die Hauptmenge kam früher aus Idria in Krain und aus Almadén in Spanien. Dort holten es schon die Römer; diese Gruben sind jetzt noch im Betrieb. Seit 1848 kennt man auch in Kalifornien sehr reiche Erzlager. Bedeutend sind ferner die Gruben zu Huancavelica in Peru sowie die italienischen Fundstellen im Gebiet der venetianischen Alpen und von Toskana. In Deutschland waren früher nur die Gruben in der Rheinpfalz bei Moschel-Landsberg nennenswert. Heute lohnt sich dort der Betrieb nicht mehr.

Um das reine Metall aus dem Erz abzuschneiden, vollzieht man Vorgänge, welche der Chemiker Reduktionserscheinungen nennt. Man versteht darunter ungefähr das Gegenteil von Oxydations- oder Verbrennungsvorgängen. Wörtlich übersetzt heißt Reduktion soviel wie Zurückführung. Hierbei wird das verbrannte Metall oder die Metallasche wieder in

den gediegenen Zustand zurückverwandelt. Ein Reduktionsvorgang ist es, wenn Quecksilberoxyd durch Hitze in Quecksilber und Sauerstoff zerlegt wird. In diesem Falle genügt die Wärme allein, um die Abspaltung des Metalls oder die Reduktion auszuführen. Erhitzt man nun Zinnober für sich in einem Glasröhrchen, so verwandelt er sich zwar in Dampf und setzt sich an einer kälteren Stelle im Rohr wieder an — er sublimiert, aber eine Spaltung in seine Bestandteile tritt nicht ein. Die bekannte Malerfarbe ist solcher sublimierter und nachher fein zerriebener Zinnober. Läßt man aber während des Erhitzens Luft durch das Rohr streichen, so tritt Trennung in Metall und Nichtmetall ein. Der Schwefel entsteht hierbei nicht in freiem Zustand. Der Sauerstoff verbrennt ihn sofort und verwandelt ihn in jenes unangenehm riechende Gas, das vom brennenden Schwefelhölzchen her bekannt ist und vom Chemiker schweflige Säure genannt wird. Der ganze Vorgang heißt das Rösten des Erzes. Er wird uns in Zukunft bei fast allen Hüttenvorgängen wieder begegnen. Vollzogen wird er in gut ziehenden Öfen, bei welchen die heißen Verbrennungsgase gemeinsam mit Luft durch das Erz streichen.

In vielen Fällen wendet man auch geradezu Reduktionsmittel in Form von Zusätzen an. Wenn man Zinnober mit einem gediegenen Metall, z. B. Eisenfeile, innig mischt und erhitzt, so vereinigt sich sein Schwefel sofort mit dem Eisen und Quecksilber wird frei. Im Altertum rieb man das Erz mit Essig in einer kupfernen Reibschale und verwendete hierbei eine Reibkeule aus dem gleichen Metall. Aus dem ersten Jahrhundert n. Chr. berichtet Dioskorides ein anderes Verfahren, welches auf dem Erhitzen des Zinnobers in einer eisernen Schale beruht. Beide Methoden haben sich das ganze Mittelalter hindurch erhalten; nach der zweiten wird sogar heute noch in beschränktem Maß und mit Abänderungen gearbeitet. Durch Glühen mit gebranntem Kalk erzielt man ebenfalls eine Reduktion, indem Kalk und Schwefel sich zu Schwefelcalcium und Gips umsetzen, während die Quecksilberdämpfe aufgefangen werden können. Man leitet sie durch gemauerte Kanäle oder durch Röhren von Thon, Steingut oder Eisen, wobei sie sich zum flüssigen Metall verdichten. Möglichst sorgfältig muß hierbei der Dampf aufgefangen werden, nicht bloß wegen des hohen Metallwertes, sondern vor allem

mit Rücksicht auf die Gesundheit der Arbeiter. Die Dämpfe sind außerordentlich giftig und zerstören in kurzer Zeit alle Lebewesen. Als Schutzmittel kann man eigentlich nur möglichste Sorgfalt beim Destillieren empfehlen. Da aber trotzdem ungefähr 6% des Metaldampfes entweichen, ist eine strenge Fabrikordnung notwendig. Es wird für die Quecksilberarbeiter eine ganz kurze Arbeitszeit, gute Verköstigung, nüchterner Lebenswandel, reichliches Baden und viele Bewegung im Freien verlangt. Obwohl diese Verordnungen unentwegt durchgeführt werden, ist der Gesundheitszustand in den Fabriken immer noch ein sehr schlechter.

Ehe das Metall in den Handel kommt, wird es von allen mechanischen Verunreinigungen gesäubert. Zu diesem Zweck wird es noch einmal in Dampf verwandelt und wieder verdichtet (destilliert). Ferner wird es durch starkes Leinwandzeug oder durch lederne Säcke durchgepreßt. Der Versand geschah früher in Schläuchen aus Ziegenfell; heute sind schmiedeeiserne Flaschen von 75 spanischen Pfund (34,5 kg) Inhalt gebräuchlich.

Seine Verwendung in Wissenschaft und Industrie ist in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften begründet. Da es sich bei Temperaturerhöhungen sehr gleichmäßig ausdehnt, ist es sehr geeignet um Wärmeschwankungen zu erkennen; als Werkzeug hierfür dient das Thermometer. Das hohe Gewicht und seine Beweglichkeit läßt es zum Messen des Luftgewichtes oder Luftdruckes beim Barometer sowie als Sperrflüssigkeit bei vielen wissenschaftlichen Apparaten verwenden. Von seiner Fähigkeit Metalle aufzulösen macht man beim Amalgamationsprozeß der Silber- und Goldgewinnung ausgedehnten Gebrauch. Einzelne Amalgame besitzen die Fähigkeit beim Liegen zu erhärten, z. B. das Kupfer- und Cadmiumamalgam. Die Zahnärzte füllen damit die Zahnhöhlen aus. Die Füllmasse heißt Plombe. Zinnamalgam erhärtet ebenso, wenn es in dünner Schicht ausgebreitet wird. Man belegt Spiegelglas damit und erhält so die gewöhnlichen Spiegel.

Über die Weltproduktion (in Tonnen) im Jahr möge folgende Tabelle Auskunft geben.

	1893	1894	1895	1896	1897	1898
Kanada	0	0	2,5	2	0,3	0
Italien	273	258	199	186	192	170
Mexiko	286	300	213	218	294	353
Österreich	512	519	535	564	514	494
Rußland	201	196	434	491	617	362
Spanien	1666	1610	1506	1524	1728	1681
Ver. Staaten	1046	1056	1179	1036	965	1058
Zusammen	3984	3939	4068,5	4021	4310,3	4118

Kupfer.

Mit der Lötrohrflamme läßt es sich leicht schmelzen und strahlt dabei ein eigentümlich meergrünes Licht aus. Indem es an seiner Oberfläche zu schwarzbraunem Oxyd verbrennt, giebt es sich ohne weiteres als ein unedles Metall zu erkennen. Das ganze übrige Verhalten dagegen zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Silber. Gegen Säuren ist es fast so beständig wie dieses. An der Luft oxydiert es sich schwieriger als Eisen oder Blei. In verdünnter Schwefelsäure ist es auch beim Erwärmen nicht löslich, so lange es völlig unter der Flüssigkeit liegt. Leicht dagegen wird es angegriffen, wenn gleichzeitig noch Luft einwirken kann. In diesem Falle bildet sich nämlich Kupferoxyd, welches von der Säure leicht mit blauer Farbe aufgenommen wird. Die Lösung ist eine chemische, denn beim Eindampfen erhält man nicht mehr metallisches Kupfer, sondern es scheiden sich die blauen Krystalle des Kupfervitriols aus. Als Verwitterungsprodukt Schwefelkupfer enthaltender Mineralien findet sich dieses Salz häufig in den Grubenwässern der Bergwerke. Dann legt man Eisenstücke hinein; alsbald scheidet sich das Kupfer darauf als Cämentkupfer ab, während die Eisenoberfläche angegriffen wird. Nach einiger Zeit ist alles Kupfer als Metall ausgefällt und die Lösung ist blaßgrün von Eisenvitriol. Offenbar hat der Bestandteil der Schwefelsäure, der im grünen und blauen Vitriol enthalten ist, eine größere Neigung zu Eisen als zu Kupfer. Auch hieraus kann man schließen, daß Kupfer den Edelmetallen nahe steht. Nächst dem Vitriol ist der Grünspan das bekannteste Kupfersalz. Er entsteht überall dort, wo Essigdämpfe mit Kupferoxyd in Berührung kommen, z. B. wenn Früchte in einer Kupfer- oder Messingpfanne eingekocht werden und einige Zeit darin stehen. Wie alle Kupferverbindungen ist er ein gefährliches Gift, das heftige Krankheitserscheinungen hervorrufen kann. Bei dem

häufigen Gebrauch von Kupfergeräten in der Haushaltung kommt es verhältnismäßig oft vor, daß die Speisen von dem Metall in sich aufnehmen. Sie sind dann ungesund und schmecken schlecht. Das Gift kann man aber leicht erkennen, wenn man eine blanke Messerklinge in die verdächtige Speise eintaucht. Sie beschlägt sich sofort rot mit Cämentkupfer. Alle Säuren des Pflanzenreichs sowie alle Fette und viele Salzlösungen greifen das Kupfer und seine Legierungen rasch an, wenn Luft gleichzeitig einwirken kann. Mit dem Grünspan wird oft ein anderes, ähnlich aussehendes Salz verwechselt, das an alten Kupfer- und Bronzegegenständen oft in Form eines mattblauen Hauches auftritt. Es ist die Patina. Auch sie ist eine Kupferverbindung und verdankt der Kohlensäure der Luft ihr Dasein. Sie verleiht den Gegenständen ein altherwürdiges Aussehen und ist darum besonders geschätzt. Man sucht deshalb auch oft, sie künstlich nachzumachen. Leider bildet sich die echte Patina immer seltener, weil durch die vielen Fabriken die Luft zu sehr verschlehtert wird.

Trotz der großen Neigung, Salze zu bilden und sich zu verbinden, findet sich metallisches Kupfer verhältnismäßig oft in der Erde. Allerdings giebt es nur ein einziges ziemlich beschränktes Gebiet, wo viel gediegenes Metall beisammen liegt. Dies ist das Land des Oberen Sees in Kanada. Dort hat man Blöcke von vielen Centnern Gewicht fast offen zu Tage liegend gefunden.

Vermutlich sind die Klumpen nur zu groß und zu zäh gewesen, sonst wären sie jetzt auch nicht mehr da. Denn lange schon, ehe die Europäer in Nordamerika eindrangen, holten sich die Indianer dort das Material für ihre Äxte, Messer und Lanzenspitzen. Sie hämmerten die kleineren Stücke in die richtige Form und haben vielleicht auch schon verstanden sie zu schmelzen. Wahrscheinlich hat auch Europa in der Vorzeit seine Lager von Gediegen-Kupfer gehabt. Dem Menschen, der im Bachgerölle nach passenden Steinwerkzeugen suchte, müssen solche Stücke bald aufgefallen sein. An ihnen hat er vermutlich zuerst das Schmieden versucht und gefunden, daß sie schmolzen. Die Entdeckung, daß die Kupferstücke in der Hitze sich verflüssigten und beim Abkühlen die Form behielten, die sie in geschmolzenem Zustand erhalten hatten, ist vielleicht die erste, jedenfalls aber die wichtigste gewesen, welche je in der Technik gemacht

wurde. Am natürlichen Kupfer wurde dem Menschen auch mehr als am Gold der Unterschied klar, der zwischen Stein und Metall besteht. Er lernte durch Erfahrung, daß mit dem eigentümlichen Glanz und der Schwere auch der Begriff großer Festigkeit verbunden ist. Das Kupfer ist darum auch das erste Metall gewesen, aus dem Werkzeuge gemacht worden sind. Seine Fundstellen mögen gründlich genug abgesehen worden sein. Demnach ist es jetzt nur noch an Orten zu finden, die früher unbekannt oder unzugänglich waren. Sie genügen natürlich den gesteigerten Bedürfnissen nicht mehr.

Weitaus das meiste Kupfer stammt aus Erz. Teils sind es Sauerstoffverbindungen, wie das Rotkupfererz mit 88,8 % Kupfer oder der Kupfervitriol (25,3 %), teils sind es Schwefelverbindungen. Letztere enthalten fast stets als zweiten Bestandteil Schwefeleisen und außerdem sehr oft Arsen und Antimon. Die Schwefelverbindungen sind auf der ganzen Erde unstreitig die häufigeren. Dies berechtigt ohne weiteres zu der Annahme, daß Kupfer sich lieber und fester mit Schwefel als mit Sauerstoff vereinigt. In der That gelingt es nur schwer, im Schwefelkupfer den Schwefel durch Sauerstoff zu ersetzen. Während z. B. Schwefeleisen durch Rosten an der Luft sehr leicht zu Eisenoxyd und Schwefligsäure verbrennt, wird Schwefelkupfer nur schwer umgewandelt. Als Röstprodukt bildet sich erst schwefelsaures Kupfer oder Kupferjulfat. Erst bei weiterem starken Erhitzen geht dies in das Oxyd über. Die wichtigsten geschwefelten Erze sind Kupferglanz (79,8 % Kupfer), Covellin oder Kupferindig (66,4 %), Kupferkies (54,5 %), Buntkupfererz (55—69 %), Fahlerz (33—44 % Kupfer).

Eine große Anzahl chemischer Vorgänge wird eingeleitet, um alles Störende aus dem Erz abzuscheiden. Den Grundgedanken klar zu machen, der dabei befolgt werden muß, ist jedoch nicht schwer. Das Gestein, das am Erz haftet, kann unmöglich gründlich genug abgeklopft werden. Es muß also mit dem Metall zugleich verflüssigt werden, denn sonst würde es den Schmelzofen verstopfen. Erfahrungsgemäß schmelzen die basischen Gesteine, die arm sind an Kieselsäure (Kalk, Mergel, Dolomit), nur dann, wenn kieselensäurereiche Gesteine (Quarz, Sand, Urgestein) zugefetzt werden. Umgekehrt müssen saure Gesteine mit basischen vermennt werden, ehe man sie verflüssigen kann. Die Schmelze nennt man Schlacke. In chemischer Hin-

sicht ist sie eine Art Glas, welches imstande ist, Oxide aufzulösen. Gleichzeitig aber schützt sie das Metall vor der Einwirkung der Luft. Der ganze Schmelzprozeß ist insofern von ihrer Zusammensetzung abhängig, als dadurch die Schmelztemperatur bedingt ist. Mit Hilfe der Schlacke können Oxide aus dem Erz entfernt werden z. B. Eisenoxyd. Alles was „verschlackt“ werden soll, muß in Form von Oxid vorhanden sein. Geschwefelte Erze müssen also vor allem oxydiert d. h. geröstet werden. Hierbei wird nur das Schwefeleisen oxydiert. Es löst sich in der Schlacke, während das Schwefelkupfer zum sogenannten Kupferstein zusammenschmilzt. Dieser setzt sich als der schwerere Bestandteil zu unterst im Ofen ab, die Schlacke darüber. Beide lassen sich also leicht trennen. Der Stein wird alsdann vollkommen abgeröstet und besteht jetzt wesentlich aus Kupferoxyd und einem Rest Schwefelkupfer. Unter Schlacken-zusatz wird er nochmals verschmolzen. Dabei vollzieht sich ein weiterer chemischer Vorgang. Der Sauerstoff des Oxyds verbrennt den Schwefel des Sulfids zu Schwefligsäure; diese entweicht unter starkem Aufschäumen, während das Kupfer sich metallisch am Grund des Ofens ansammelt. Zum Ausschmieden ist es aber noch unbrauchbar, da es noch mit etwas Schwefel und fremden Metallen verunreinigt ist. Man nennt es Schwarzkupfer. Sollte es sich nicht lohnen, Silber oder Gold aus ihm abzuscheiden, so schmilzt man es unter kräftigem Luftzutritt und lösenden Schlacken ein und erhält das Garkupfer. Es hat ein wenig zuviel Sauerstoff bekommen und ist darum brüchig. Um es hammergar zu machen, wird es unter einer Holzkohlendecke nochmals eingeschmolzen und in Barren gegossen.

Schon diese gedrängte Übersicht mag zeigen, durch welche Fülle von chemischen Vorgängen die Verhüttung bedingt ist. Ihre Anzahl wird aber noch außerordentlich dadurch vermehrt, daß jede Art von Kupfermineralien in besonderer Art abgeröstet, verschmolzen und mit Zuschlägen versetzt werden muß. Bei jeder Hüttenanlage müssen die örtlichen Verhältnisse berücksichtigt werden, ob die Arbeitskräfte billig, das Roherz arm oder reichhaltig. Jedes Hüttenwerk muß mit einem anderen Brennmaterial rechnen, ob mit Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit oder Koks gefeuert werden muß. Wenn man ferner bedenkt, daß sehr häufig die Ausbeutung eines Gehaltes der Erze an Blei, Zink oder Edelmetallen lohnt und daß ferner in

neuerer Zeit sehr viel Kupfer mittels Elektrizität gewonnen oder doch gereinigt wird: so wird man zugeben, daß zwar die chemische Wissenschaft auf dem Gebiet der Hüttenkunde außerordentliche Erfolge zu verzeichnen hat, daß aber hier nicht der Platz sein kann, alle Einzelheiten zu verfolgen.

Um bei dem starken Wettbewerb erfolgreich arbeiten zu können, werden fortgesetzt Verbesserungen an den Maschinen und Schmelzöfen eingeführt. Das Rösten geschieht am einfachsten dadurch, daß das Roherz zu großen Haufen aufgeschüttet und mittels Brennmaterial angezündet wird. Vorausgesetzt ist hierbei, daß das Erz in Stücken vorliegt und reich ist an Schwefel. Die Verbrennungsgase entweichen in die Luft und

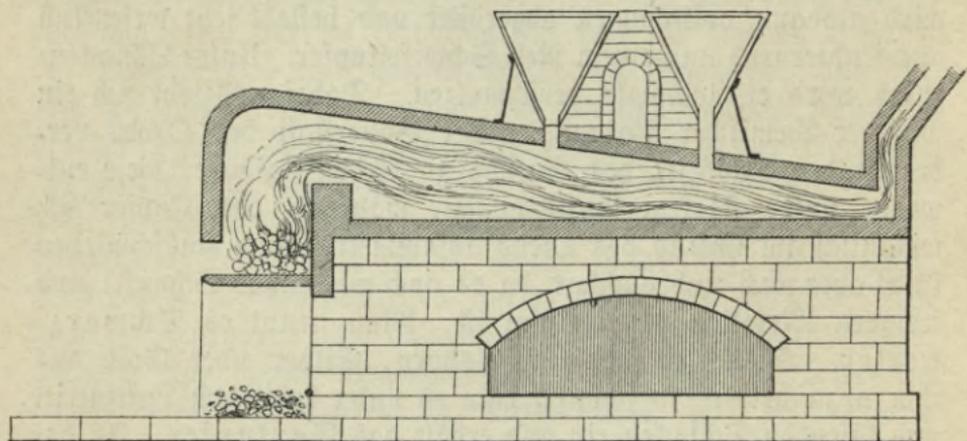


Fig. 7. Röst-Flammofen mit zwei Fülltrichtern; die seitliche Wand ist weggenommen unten der Raum für geröstetes Erz.

vergiften in weitem Umkreise die Pflanzenwelt. Diese Art zu rösten kommt insofern am billigsten, als sie keine teuren Apparate erfordert. Oft auch werden die Erzhaufen in einem gedeckten Stadel mit Luftzugvorrichtung gebrannt. Meistens jedoch verwendet man große, eigens dazu konstruierte Röstöfen. Bei den Röstflammöfen (Fig. 7) streichen die Flammgase eines lebhaften Feuers über feingepulvertes Erz hin. Die gas- und dampfförmigen Röstprodukte leitet man durch gemauerte Kanäle; hier setzt sich der Arsenik als „Giftmehl“ in Form eines weißen Pulvers ab. Die Schwefligsäure macht man entweder durch Einleiten in gelöschten Kalk unschädlich, oder man verarbeitet sie auf die wertvolle Schwefelsäure. Die Röstschachtöfen (Fig. 8)

oder Kilns haben die Luftzufuhr von unten seitlich, wo auch das Ausräumen der Erze geschieht. Außerdem sind Arbeitsöffnungen zum Auffördern während des Röstprozesses vorhanden. Die Gase entweichen durch Kanäle.

Bei gutem Steinkohlenmaterial und großer täglicher Erzproduktion wird im allgemeinen in Flammöfen verschmolzen z. B. in England. Sonst sind Schachtöfen gebräuchlich, welche man durch abwechselndes Nachfüllen von Erz und Feuerungsmaterial längere Zeit ununterbrochen in Betrieb halten kann.

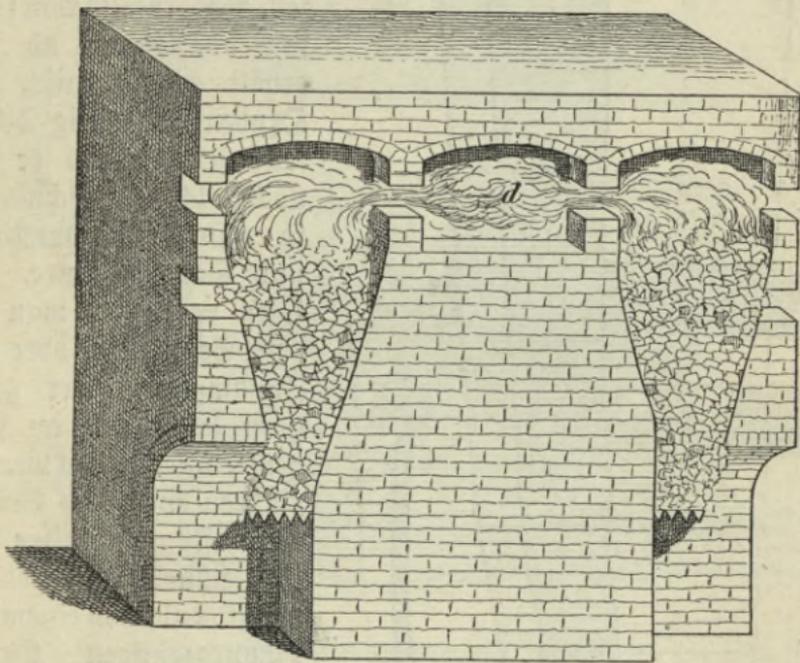


Fig. 8. Doppelter Röst-Schachtöfen (Kiln) mit Krost; seitlich zwei Öffnungen zum Stören und Füllen, in der Mitte Abzugskanal *d* für die Gase.

Je höher sie sind, desto mehr Erz wird von den Verbrennungsgasen erhitzt, desto mehr also wird die Wärme ausgenutzt. Die Öfen haben runden Querschnitt, besitzen „Formen“ zum Einblasen von Luft und sind oben mit Abzugskanal für die Gase versehen (Fig. 9). Um die Öfen zu schonen, legt man in den letzten Jahren in amerikanischen Hütten einen eisernen oder kupfernen Hohlmantel um den eigentlichen Schacht, und leitet Wasser hindurch. Mit diesen Apparaten kann man bis zu 105 000 kg Beschickung täglich verarbeiten.

Als Ergebnis des Schmelzprozesses fällt der Kupferstein.

Derjelbe ist ſchwarzgrau und metallglänzend. Außer Schwefelkupfer enthält er ſtets noch Eiſen, häufig auch Zink, Arſen und Antimon. Iſt er reich an Nichtmetallen, ſo wird er teilweise geröſtet und nochmals auf Stein verſchmolzen. Andernfalls röſtet man ihn vollſtändig ab und erhält ein Gemisch von Dryden mit wenig Schwefelkupfer. Wird er jetzt nochmals eingechoolzen, ſo entſtehen Schwarzkupfer und Schwefligſäure. Als Öfen verwendet man niedere Schachtöfen oder auch Flammöfen. Der geſteigerte Verbrauch an fertigem Kupfer hat ſeit wenigen Jahren ein neues Verfahren aufkommen laſſen, welches ſchneller zu arbeiten geſtattet und von einem bloß zehnprozentigen Kupferſtein in einem Zug zu einem Schwarzkupfer von 99% Gehalt führt. Es iſt eigentlich eine Übertragung des Beſſemer-Stahl-Verfahrens auf die Kupferinduſtrie. Als Ofen dient ein cylindriſches Gefäß aus Schmiedeeiſen, das um ſeine Längsachſe drehbar iſt. Im Cylinder-mantel iſt eine Öffnung

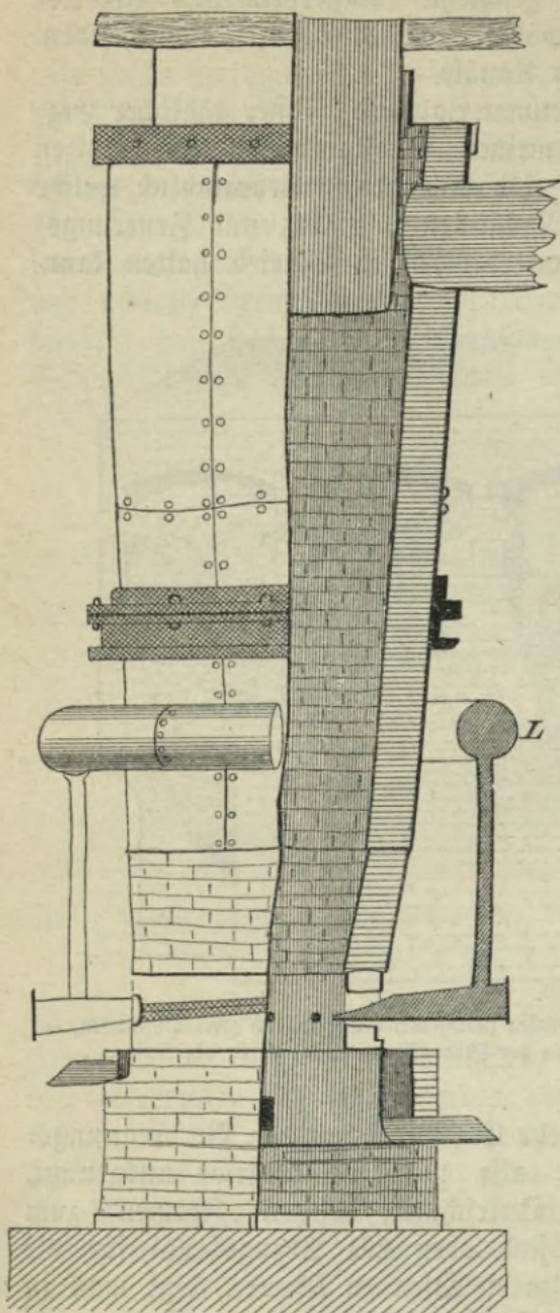


Fig. 9. Rundofen zum Schmelzen von Kupferſtein, halb aufgebrochen, in der Mitte Luftkanal L mit den „Formen“; unten Ausfluß für Schlacken und Stein; oben Füllſchacht und Rauchabzug.

mit domartigem Aufsatz (Fig. 10). Hier wird der Stein, noch flüssig, eingefüllt und durch seitliche Öffnungen Luft eingeblasen. Dann verbrennt aller Schwefel, Arsen, Antimon und alles Eisen. Die Masse erhitzt sich dabei so sehr, daß Heizung von außen vollkommen überflüssig wird. An der Eingußöffnung schlägt die Flamme heraus. Erst wenn alle fremden Beimischungen verbrannt sind, oxydiert sich auch das Kupfer

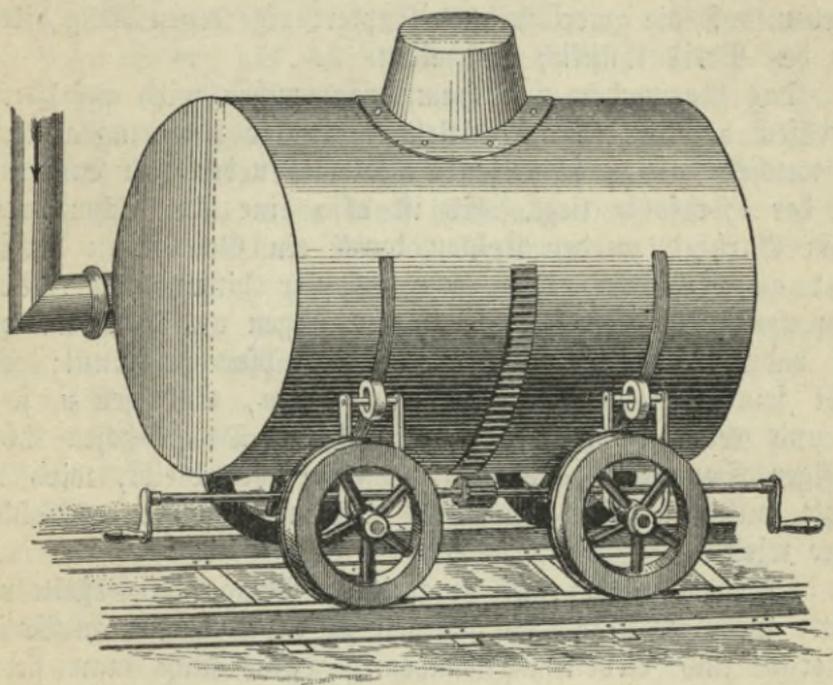


Fig. 10. Bessemer-Gefäß für Kupferbereitung. Cylindrische Tonne mit domartigem Aufsatz. Ruht auf einem Schienenwagen auf Gleitrollern.

Kann durch eine Bahnstange mit Kurbelbetrieb umgetippt werden.

und fängt mit grüner Flamme zu brennen an. Als bald wird der Prozeß unterbrochen. Durch einfaches Umkippen des Bessemercylinders wird die Maschine geleert und ist in kurzer Zeit wieder für eine neue Beschickung hergerichtet. Das Verfahren gestattet in vierzig Minuten eine Tonne Stein in vorzügliches Schwarzkupfer überzuführen. Daraus kann ebenfalls in kürzester Zeit das beste Kupfer des Handels auf elektrischem Wege erzeugt werden. Gleichwie auf den Stahlwerken erst der Bessemerprozeß die Möglichkeit schuf, die von allen Industriezweigen geforderten Mengen Stahlguß zu liefern,

so kam seine Übertragung in die Kupferhütten eben zur rechten Zeit, um den Wünschen der Elektrotechnik nach großen Mengen guten Kupfers gerecht zu werden. Obwohl ein einziges Werk der Vereinigten Staaten täglich über 200 t reines Metall produziert und obwohl Spanien und Deutschland sich krampfhaft Mühe geben, recht viel Kupfer zu liefern, ist doch der Preis in den letzten drei Jahren um das Mehrfache gestiegen. Heute kostet das Kilogramm über 2 Mark. Allerdings muß man zugeben, daß die amerikanischen Kupferkönige einen Ring bilden und den Preis künstlich hochhalten.

Das Garmachen und Hammergarmachen wird auf kleinen Herdöfen besorgt. Man versteht hierunter Feuerungsanlagen, bei welchen das zu schmelzende Material neben dem Brennstoff auf der Herdsohle liegt. Es ist also eine Art Schmiedeeffe. Beim Garherd werden Kohlen durch ein Gebläse zu höchster Glut angefacht und das Schwarzkupfer hineingelegt. Beim Schmelzen oxydieren alle Verunreinigungen und zwar namentlich dadurch, daß auch ein wenig Kupfer verbrennt; dies giebt seinen Sauerstoff sofort an Eisen, Schwefel u. s. w. ab und reduziert sich dadurch wieder. Das bißchen überflüssiger Sauerstoff, das noch im Garkupfer bleibt, wird mit Kohle entfernt. Diese reduziert, indem sie selber zu Kohlen-säure wird.

Oft ist das Erz nur in geringer Menge im Gestein verteilt. Geringwertige Erze würden zu große Kosten an Brennmaterial und Arbeit verursachen. Dann sucht man sie in wasserlösliche Form zu bringen. Wird beispielsweise das Erz so gut wie möglich abgeröstet und dann längere Zeit der Verwitterung ausgesetzt, so bildet sich schließlich Kupfervitriol, den man mit Wasser auslaugt. Oder, wenn das Erz silberhaltig ist, röstet man unter Zusatz von Kochsalz ab und laugt mit Kochsalzlösung aus. Dadurch erhält man Chlorkupferlösung, in welcher auch das Silber als Chlorsilber sich befindet. Man legt eine blanke Kupferplatte ein und das Silber scheidet sich an ihr metallisch ab. Dann fällt man mit Eisen das Kupfer selber aus. Schwarzkupfer, das vom ursprünglichen Erz herkommend Edelmetalle enthält, stellt man in Kupfervitriollösung und verbindet es mit dem positiven Pol einer Dynamomaschine; an das negative Drahtende hängt man ein dünnes Kupferblech. Kupfer und Eisen lösen sich aus dem Schwarzkupfer heraus,

während Silber, Gold, Antimon und Arsen als Schlamm zu Boden sinken. Das Eisen bleibt bei richtiger Stromstärke in Lösung, während das Kupfer sich am negativen Pol niederschlägt. Es enthält nur noch 0,01—0,06 % Verunreinigungen und ist im Handel das am meisten gesuchte. Der Elektroden Schlamm wird gewöhnlich mit Blei verschmolzen und dieses auf Edelmetall verarbeitet. Seine Menge ist dabei nicht zu unterschätzen. Eine einzige Fabrik, welche Schwarzkupfer von 98 % Kupfer, 0,35 % Silber und 0,001 % Gold raffiniert, erhält monatlich 10 886 kg Silber und 46 kg Gold als Nebenprodukt.

Würde es gelingen, direkt das Erz nach vorausgegangener Röftung auszulaugen und elektrolytisch daraus sofort reines Kupfer abzuscheiden, ohne daß etwa vorhandene Edelmetalle verloren gehen, so wäre dies jedenfalls das Verfahren der Zukunft. In der That ist auch von dem berühmten Elektrizitätswerk Siemens & Halske in Berlin ein Verfahren in die Technik eingeführt, welches allen theoretischen Anforderungen genügt, in der Praxis sich aber noch nicht vollkommen zu bewähren scheint.

Der Preis des „roten Metalles“ ist viel geringer als der des „weißen“ und „gelben“. Unmittelbar ist dies bedingt durch die viel größere Häufigkeit im Vorkommen. Bis vor kurzem stammten neun Zehntel alles nordamerikanischen Kupfers aus dem kanadischen Seengebiet, wo das Gediengen-Kupfer das Ausgangsmaterial bildete. Seither ist allerdings die dortige Ausbeute durch Aufschluß der großen Erzlager in Montana und Arizona überflügelt worden. Früher lieferte auch Chile sehr viel Erz. Die Produktion nimmt aber stetig ab. Von Südastralien kommt ebenfalls sehr viel Kupfer auf den Weltmarkt. Europas reichstes Erzlager besitzt die Pyrenäenhalbinsel in ihrer Südwestecke. Auf spanischer wie auf portugiesischer Seite wird dasselbe ausgenützt. Am berühmtesten ist das Minengebiet des Rio Tinto. Hier holten schon die Phönicier Kupfer und während vier Jahrhunderten beuteten es die Römer mit vielen Tausenden von Sklaven aus. Später ruhte der Betrieb und kam erst im vorigen Jahrhundert wieder auf. Das meiste deutsche Kupfer stammt aus dem mansfeldischen Gebiet. Hier verarbeitet man einen silberhaltigen Kohlenschiefer mit nur etwa 2—3 % Kupfer. Da sich aber das Erz auf einer Fläche von vielen Quadratkilometern in außerordentlicher Regelmäßigkeit

vorfindet, ist der Betrieb immer noch lohnend. Einige Tausend Tonnen kommen jährlich aus dem Rammelsberg bei Goslar. Unbedeutend sind die Gruben in Westfalen und in Hessen.

Kupferproduktion in den Jahren 1894—1898 in Tonnen
(nach The Mineral Industry 1899).

	1894	1895	1896	1897	1898
Algier	—	35	—	—	51
Argentinien	234	152	102	203	127
Australien	9144	10160	11176	17272	18288
Bolivia	2337	2296	2032	2235	2083
Kanada	3847	3987	4225	5999	8169
Kapland	6604	7194	7570	7590	7173
Chile	21681	22428	23876	22250	25248
Deutschland	17462	16801	20365	20467	20407
Großbritannien	452	589	589	564	559
Italien	2642	2540	3454	3536	3490
Japan	20371	18725	21336	23368	25578
Mexiko	11959	11806	11338	11553	15919
Neufundland	1930	1829	1829	1829	2134
Norwegen	1915	2728	2540	3505	3673
Österreich-Ungarn	2154	1331	1306	1681	1565
Peru	447	457	751	1016	3089
Rußland	5080	5364	5181	6121	6096
Schweden	356	523	508	554	488
Spanien	54726	55755	54203	54925	54077
Vereinigte Staaten	164194	175294	212112	227420	243069
Venezuela	2540	—	—	—	—

Der Kupferpreis betrug im Jahr 1855 für 100 kg 235 Mark. 1897 kostete die gleiche Menge wenig über 100 Mark. Seither ist der Preis bedeutend gestiegen.

Reines Kupfer besitzt eine rötliche Farbe und großen Glanz. In dünnen Blättchen ist es grün durchscheinend. Sein Schmelzpunkt liegt bei 1054° , also etwas höher als der des Goldes, 100° niedriger als der des Gußeisens. Es ist ziemlich weich und dehnbar. Härter wird es, ohne daß seine Dehnbarkeit abnimmt, wenn man es mit Zinn verschmilzt. So entsteht die Bronze. Obwohl teurer und viel schwieriger zu gewinnen als gegossenes Eisen, ist sie lange vor dem Eisen hergestellt und auf Waffen und sonstige Geräte verarbeitet worden. Die Ursache ist sehr nahe liegend: ihr Schmelzpunkt liegt noch niedriger als der des Kupfers und gestattet darum, zerbrochene Waffen-

stücke u. s. w. leicht wieder umzugießen. Im Gegensatz zu Gußeisen läßt es sich schmieden und bot zu einer Zeit, wo man Stahl noch nicht herstellen konnte, den einzigen Ersatz dafür. Einfluß mag auch das schönere und glänzendere Aussehen gehabt haben. So findet man in den Grabhügeln der jüngeren Steinzeit schon Waffenstücke und kleine Schmuckwaren aus Bronze, während Eisen in jener Periode nur sehr selten angetroffen wird.

Von welchem Volk zuerst das Kupfer benutzt und die Bronze erfunden worden ist, läßt sich nicht mehr ermitteln. Beide stammen aus der grauen Vorzeit. Die ältesten Nachrichten besagen bloß, daß die Ureinwohner Asiens das Kupfer am Altai holten und durch Verschmelzen mit Zinn härteten, das sie aus China bezogen. Die Griechen tauschten es von ihnen und fertigten ihre Waffen daraus. Auch die Trojaner, Babylonier und Assyrer hatten Bronzeschwerter.

Die Ägypter holten Kupfererz auf der Halbinsel Sinai und in Äthiopien und verstanden wahrscheinlich schon um das Jahr 2000 v. Chr. die Kunst, das reine Metall zu schmelzen. Auf Cypern entstand infolge des großen Erzreichtums eine blühende Industrie in Kupferbronze, welche ihre Erzeugnisse über Kleinasien, sowie über die griechischen Inseln nach Griechenland verbreitete. Der Name Kupfer leitet sich vom Namen der Insel ab. Die Bronzearbeiten der Phönicier waren im Altertum berühmt. Das Zinn dazu holten sie auf den fernen Zinninseln, dem heutigen England. Kupfer dagegen gewannen sie teils am Libanon in Cilicien und Palästina, teils holten sie es jenseits des ägäischen Meeres in Thracien und Spanien. Die Römer förderten nur die reichsten Erze; auch diese wurden wegen der noch wenig entwickelten Heizungstechnik nur unvollkommen ausgeschmolzen. In Ungarn verarbeitet man heute noch Schlacken aus der Zeit der römischen Herrschaft mit vierzig und noch mehr Prozent Kupfer. Mit Beginn der Völkerwanderung geriet der Bergbau in Verfall und kam erst am Ende des Mittelalters wieder auf. Seit Mitte der siebziger Jahre unseres Jahrhunderts wird die Kupfergewinnung immer mehr das Monopol einer kleinen Anzahl nordamerikanischer Großkapitalisten — sehr zum Schaden der europäischen Produktion.

Der Verbrauch an reinem Kupfer steigt täglich. Abgesehen davon, daß große Mengen zur Verfertigung von Legierungen aller Art verwendet werden, ist Kupfer als solches für einzelne Zweige

der Industrie und Wissenschaft ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden. Ein Beispiel mag dies beweisen. Bald können wir uns ja kein besseres Haus mehr ohne elektrische Klingel denken: Der Leitungsdraht ist Kupfer; die Drahtspulen am Elektromagneten, welcher den Klöppel in Thätigkeit setzt, sind ebenfalls aus Kupferdraht gewickelt; die Glocke ist in vielen Fällen eine Kupferlegierung; womöglich wird dann noch der Strom, der das Ganze in Thätigkeit setzen soll, mit Hilfe einer Kupferplatte und Kupfervitriollösung erzeugt! Die Leitungen der Telephonämter werden mehr und mehr aus Kupferdraht gemacht, weil dieses Metall den Strom viel besser leitet als Eisen. Elektrizität für Kraftbetrieb und Beleuchtung könnte ohne Kupfer überhaupt nicht hergestellt werden. Denn jede Dynamomaschine erfordert viele Kilogramm Drahtspulen aus diesem Metall. Aber die gesamte Technik überhaupt kann sich, trotz der gesteigerten Kupferpreise, nicht von ihm frei machen. Seine große Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse wird ihm wohl auch für lange Zeit noch die Alleinherrschaft auf gewissen Gebieten der Industrie sichern. Zwar sind die Salze des Kupfers (Vitriol, Grünspan u. s. w.) im Wasser leicht löslich und für Tiere und Pflanzen schädlich. Aber einmal sind sie ausnahmslos durch eine auffallende Färbung und widerlichen Metallgeschmack ausgezeichnet, wodurch sie eine deutliche Warnungstafel in sich tragen; dann aber bilden sie sich schwieriger als die entsprechenden Eisensalze und sichern so den Kupfergeräten eine ungleich größere Dauerhaftigkeit.

Zum Gießen ist das Kupfer ungeeignet, weil es, vermutlich infolge eines geringen Sauerstoff- und Kohlenoxydgehaltes, porös und blasig erstarrt. Dagegen lassen sich die meisten seiner Legierungen dazu vorzüglich verwenden. Man weiß aus Erfahrung, daß Legierungen überhaupt niedrigere Schmelztemperaturen haben als die Einzelmetalle, daß sie dabei dünnflüssiger werden und weniger Gase einschließen; ferner weiß man, daß die Härte und Festigkeit bei ihnen bis zu einem gewissen Grade gesteigert, die Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität dagegen herabgestimmt wird. Gegen chemische Einflüsse sind sie häufig widerstandsfähiger als die reinen Metalle. Kupfer zeigt nun eine hervorragende Neigung sich mit den anderen Metallen zu verschmelzen. Die einzigen, mit denen es schwer zusammentritt, sind Eisen und Blei. Man vereinigt entweder die Metalle in fertigem Zustande oder als Erze miteinander und erhält

eine ganze Anzahl technisch höchst wertvoller Produkte. Der Praxis allein verdankt man genaue Kenntniz über sie. Mit Edelmetallen verschmolzen erhält das Kupfer deren Farbe, Glanz, Klang und Luftbeständigkeit. Als Gegenleistung erteilt es der Legierung Härte ohne die Dehnbarkeit zu vermindern. Die Reichsgoldmünzen sind solche Kupferlegierungen. Für Bier- und Schmuckgegenstände verwendet man Kupfer-Silbergemische. Das Silber wird bisweilen durch Nickel oder durch Nickel und Zink ersetzt. Die Legierung für die Reichsmünzen mit 75 % Kupfer und 25 % Nickel gehört hierher. Eine Eigentümlichkeit besitzt das Kupferamalgam. Es wird, auf 100° erwärmt und dann in einem Mörser zerrieben, weich und knetbar. Auch nach einigen Stunden noch hat es diese Eigenschaften und läßt sich dabei in die feinsten Fugen und Ritzen einpressen. Dann erst erhärtet es ganz gleichmäßig. Anwendung davon macht man beim Plombieren der Zähne.

Die größte technische Bedeutung besitzen die Kupfer-Zink- und Kupfer-Zinn-Legierungen. Die ersten sind die Messingsorten, nach ihrem Kupfergehalt und Aussehen unterschieden als Tombak, Rotguß, Gelbguß und Weißguß; die zinnhaltigen sind die Bronzen. Härte und Festigkeit des Kupfers werden durch Zink weniger vergrößert als durch Zinn. Die Dehnbarkeit wird in kaltem Zustand nur wenig beeinflusst; heiß dagegen ist das Messing spröde. Der Schmelzpunkt ist von der prozentischen Zusammensetzung abhängig und liegt ziemlich hoch. Für Messing wird er auf 850° angegeben, für Tombak um mindestens 100° höher. Früher stellte man es durch Verschmelzen von Kupfer mit Zinkerz dar. Seit man aber das metallische Zink kennt, gewinnt man das Messing aus den gediegenen Metallen. Flüssiges Zink und flüssiges Kupfer vereinigen sich aber mit großer Heftigkeit und unter kräftiger Wärmeentwicklung. Hierdurch verflüchtigt sich Zink und es tritt Metallverlust ein. Man läßt darum beide Metalle in großen feuerfesten Tiegeln unter einer Kohlendecke gemeinsam flüssig werden. Tombak und Rotguß lassen sich, entsprechend ihrem hohen Kupfergehalt, zu sehr dünnem Blech auswalzen, dem sogenannten unechten Blattgold. Unter Talmi versteht man vergoldeten Tombak.

Die Kupfer-Zinnlegierungen nennt man Bronze, und zwar gewöhnlich nur die kupferreichen. Die andern heißen Weißmetall. Das Zinn macht das Kupfer bedeutend härter, klingender,

politurfähiger und leichtflüssiger, nimmt ihm aber die Dehnbarkeit. Messing und Bronze ergänzen sich also sehr gut insofern, als aus dem einen Blech- und Drahtwaren, aus dem anderen Guß hergestellt wird. Ein nur ganz geringer Zinngehalt gestattet auch die Herstellung von Bronzeblech, welches gegen Salzwasser widerstandsfähiger ist als reines Kupfer; es wird fast ausschließlich für Schiffsbeschläge verwendet. Sehr häufig ersetzt man auch das Zinn teilweise durch das billigere Zink, vor allem wenn die Legierung zu kunstgewerblichen Zwecken dienen soll. Das Metall wird durch den Zinkzusatz dünnflüssiger und füllt die Form besser aus. Beim Gießen der Bronze, auch schon bei ihrer Herstellung, oxydiert sich ein wenig Zinn und stört den Guß. Als Reduktionsmittel setzt man Spuren von Phosphor, Silicium, Zink oder Mangan zu. Hierdurch wird auch der Schmelzpunkt ein wenig herabgedrückt. Durch Herausprobieren hat man Bronzen von ausgezeichnete Härte und Zähigkeit erhalten, die auf mehreren Gebieten Eisen und Stahl verdrängen.

Die Bronze ist somit wieder, wie schon vor vielen hundert Jahren, in eine Art Wettbewerb mit dem Eisen getreten. Im Altertum mußte sie den Stahl ersetzen. Die ersten Kanonen baute man im Mittelalter aus schmiedeeisernen Stäben, die durch Reifen verbunden waren. Erst 1372 wurde das erste deutsche Bronzegeschütz in Nürnberg gegossen. Neuerdings verwendet man hierzu wieder eine Eisensorte, den Gußstahl.

Zum Maschinenbau nimmt man Bronze mit ganz geringem Zinkgehalt. Solche Legierungen nennt man gewöhnlich Lagermetalle und unterscheidet eine große Anzahl verschiedener Sorten.

Indem man beim Messing teilweise das Zink durch Nickel ersetzt, entstehen Neusilber, Argentan, Christoffle, Packfong, Weißkupfer und wie die vielen Surrogate für Silber alle heißen mögen. Um leichtere Schmelzbarkeit und schönere Farbe zu erzielen, werden meistens noch kleinere Mengen anderer Stoffe der Legierung zugefügt, z. B. Zinn, Wismut, Antimon. Auch sind die Waren bisweilen stark versilbert. Das Schmelzen derartiger Metallgemenge wird in Tiegel vorgenommen, die in gutziehende Windöfen eingesetzt sind. Neusilber besitzt bedeutenden Glanz und Politurfähigkeit. Wie Messing läßt es sich nur kalt bearbeiten, doch ist seine Dehnbarkeit etwas geringer, Härte, Festigkeit und Luftbeständigkeit sind dagegen

größer als bei jenem. Von Säuren wird es bedeutend weniger angegriffen als selbst reines Kupfer. Alle diese Eigenschaften haben ihm eine hervorragende Verwendung zu feineren wissenschaftlichen Apparaten, Tafelgeräten u. s. w. verschafft.

Tritt der Kupfergehalt in den Legierungen bedeutend in den Hintergrund, so haben dieselben die Zusammensetzung der hauptsächlichsten Lagermetalle, Letternmetalle und des Britanniametalls. An Stelle des Kupfers ist hier wesentlich Antimon, Blei und Wismut getreten. Meistens besitzen sie eine helle Farbe, ziemliche Politurfähigkeit und verhältnismäßig große Härte. Das Letternmetall ist Blei, das durch Antimonzusatz gehärtet und durch etwas Kupfer weniger spröde gemacht wurde.

Mit Aluminium bildet Kupfer die sehr wichtige Aluminiumbronze. Sie wird nur in den Aluminiumfabriken gleich bei der elektrolytischen Reduktion des Aluminiumoxydes gewonnen und wegen ihrer Härte und ihres glänzenden goldähnlichen Äußeren sehr vielfach verwendet.

Blei.

Unter den Stoffen, welche in den Tiefengewässern der Erde enthalten sind, befinden sich auch die Salze vieler Schwermetalle. Durch Spalten und Risse stehen die Gewässer in offenem Zusammenhang. Sehr oft wird also der Fall vorkommen, daß eine bestimmte Salzlösung einer anderen Salzlösung begegnet. Dann verbindet sich das Metall des einen Salzes mit dem Säurerest des zweiten und umgekehrt. Solche Vorgänge lassen sich jederzeit durch einfache Versuche nachprobieren. Es entstehen dabei sehr oft neue Substanzen, die in Wasser vollkommen unlöslich sind. Sie scheiden sich am Boden oder an den Wänden des Gefäßes als Krystalle ab. Nur auf diese Art kann man sich die schönen Krystallgänge entstanden denken, welche aus völlig unlöslichen Mineralien bestehen und in allen Arten von Gestein auftreten. Gewöhnlich sind sie mit Quarz vergesellschaftet. Allgemein nennt man sie Erzgänge, selbst wenn sie keine Erze im gewöhnlichen Sinn enthalten sollten. Auf solchen Gängen trifft man als häufigste Mineralien Schwerspat, Flußspat, Kalkspat, Quarz, Bleiglanz, Zinkblende, Eisenkies, Kupferkies, Nickel-, Arsen- und Silbererze.

Meistens waltet ein Bestandteil vor, welcher auf ein wertvolles Metall ausgebeutet werden kann. Die Abfälle können dann unter Umständen recht wertvoll sein. So gewinnt man z. B. aus Zinkerzen das Zink. Räumlich in nächster Nähe der Zinkblende findet man häufig Bleiglanz. In diesem ist fast ausnahmslos Schwefelsilber enthalten. Kupfermineralien sind selten bei Blei- und Zinkerzen; gewöhnlich aber führen sie Gold und Silber. Blei-, Silber-, Kupfer- und Zinkhütten müssen darum stets in einem gewissen Austausch ihrer Hüttenprodukte stehen.

Der Silbergehalt des Bleiglanzes darf natürlich ebenfalls nicht verloren werden. Ja, das Silber muß sogar aus dem

Blei entfernt werden. Denn erfahrungsgemäß ist silberhaltiges Blei viel weniger gut als das ganz reine. Weil nun Silber so außerordentlich regelmäßig vorhanden ist, hat sich die Silberindustrie sehr oft mit der Bleiindustrie vereinigt, um gemeinsam die Bleierze zu verarbeiten.

Zahlreiche chemische Prozesse, durch welche das Blei gereinigt werden soll, dienen auch gleichzeitig dazu, das Silber abzuscheiden. Die Fabrikanlagen greifen fortwährend ineinander über. Um unnütze Wiederholungen zu vermeiden, erscheint es darum zweckmäßig, erst im Abschnitt „Silber“ die Anfertigung des Handelsbleies aus dem Rohprodukt zu beschreiben.

Von den vielen hundert Mineralien, welche in den neuesten mineralogischen Lehrbüchern aufgezählt werden, enthalten nur wenige Blei als wesentlichen Bestandteil. Zieht man davon aber alle diejenigen ab, welche nur eine rein wissenschaftliche Bedeutung haben und welche für die Technik schon deswegen kein Interesse zu erwecken vermögen, weil ihre Gesamtmenge auf der ganzen Erde nur wenige tausend Kilogramm ausmacht, so bleiben eigentlich nur drei Bleierze übrig. Zwei davon sind wieder verschwindend im Verhältnis zum dritten und in ihrem örtlichen Auftreten ganz von diesem abhängig. Es sind der Bleiglanz, der Bleivitriol und das Weißbleierz. Wo der erste offen zu Tage tritt oder von Spalten durchsetzt ist, haben ihn Luft und Regen verwittert. Dadurch haben sich aus ihm die beiden anderen gebildet. Auch alle übrigen Bleimineralien treten nur in seiner Gesellschaft auf und dürften größtenteils ebenfalls nur durch Zersetzung aus ihm entstanden sein. Bleiglanz ist Schwefelblei mit ungefähr 87% Blei und 13% Schwefel. Stets enthält er Silber in Mengen von 0,01–0,5%. Beim Verwittern oxydiert er zu schwefelsaurem Blei, wobei sich sein Silbergehalt als Gediiegen-Silber abscheidet. Das Bleisulfat bildet große glasglänzende Krystalle und wird Anglesit oder Vitriolblei genannt. Unter Mitwirkung der Kohlensäure aus der Luft verwandelt sich Bleiglanz oft auch in kohlen-saures Blei, das man Weißbleierz oder Cerussit nennt.

Farbe und Glanz des natürlichen Schwefelbleies sind die des frisch angeschnittenen Bleies. Seine große Sprödigkeit unterscheidet ihn jedoch leicht von diesem. Es zerspringt beim Zerklopfen immer in Stücke mit geraden Flächen und Würfelförmigen. Mächtige Lager werden in der Erde von ihm ge-

bildet, aber auch als Füllmaterial von Spalten und Höhlungen tritt er auf. Damit aber beweist er seine Entstehung auf wässerigem Weg.

Nicht alle Fundstellen lohnen den Bergwerksbetrieb. Längs des ganzen Schwarzwaldes auf der Einbruchsspalte des Rheinthals und parallel mit ihr finden sich zahlreiche Erzgänge, die man nicht mehr als abbauwürdig betrachtet. Die alten Gruben bei Badenweiler und im Münsterthal sind Beispiele dafür. Auch der Bleiglanz des Erzkaften würde für sich allein den Betrieb des neuerdings wieder aufgenommenen Bergbaues nicht lohnen.

Viel Erz wird in der Eifel gefördert und zu Mechernich verarbeitet. Der Rammelsberg bei Goslar enthält große Lager mit Kupfererzen zusammen. Schöne und reichhaltige Gänge finden sich zu Klausthal im Harz, an verschiedenen Stellen des rheinischen Schiefergebirges, in Westfalen und im sächsischen Erzgebirge. Bei Tarnowitz und Beuthen in Oberschlesien erfüllt er mit Zinkerz zusammen große Höhlungen im Kalkstein.

Österreich hat seine wichtigsten Gruben in den Kärnthener Alpen bei Raibl, Greifenberg, Deutsch-Bleiberg, Villach, Klagenfurt. Ebenso wichtig ist der Bergbau in Przibram in Böhmen, wo man einen Gang von 4720 m Länge und über 1000 m Tiefe ausbeutet. Das ungarische Erzgebirge liefert nur wenig Blei.

Das älteste Bleierzlager Europas und bis zum Jahr 1881 zugleich das ausgiebigste der Erde ist in Spanien. Die Ost- und Südostseite der Pyrenäenhalbinsel wurde im Altertum schon von den Phöniciern und Karthagern durchwühlt. Diese gründeten an der Küste, in der Nähe der Hauptgruben, eine Handelsstadt, welche jetzt Cartagena heißt. Bleiglanz fand man in den Ausläufern der Sierra Morena in Gängen von über 6 km Länge. Auch die Sierra de Gador in der Provinz Almeria mit ihren mächtigen lagerartigen Erzgängen wurde später ein sehr wichtiger Bezirk. Spaniens Produktion ist im Anfang der achtziger Jahre von Deutschland überflügelt worden.

Jetzt steht Nordamerika an der Spitze und wird es trotz der starken Anstrengungen Deutschlands auch für die nächste Zukunft bleiben.

Erst seit ungefähr 1876 kennt man hier eine ausgiebige Bleiförderung. Vorher hatten die Ingenieure und Unternehmer

genügend Arbeit, um die Schätze an Edelmetallen zu bergen, welche Kalifornien darbot. Die Verkehrsverhältnisse in den westlichen Staaten, aus denen heute das viele Blei kommt, waren noch sehr unvollkommen und reizten wenig zu Entdeckungszügen ohne klingenden Erfolg. Die Ausbeute der mittleren und östlichen Staaten New-York, Pennsylvania, Tennessee, Virginia genügten nicht einmal den eigenen Bedürfnissen des Landes und eine Ausfuhr verbot sich darum von selbst. Dagegen war Nordamerika ein sehr willkommenes Absatzgebiet für die überreiche europäische Produktion. Jetzt sind es umgekehrt die Blei- und Blei-Silberlagerstätten der Staaten Mexiko, Uta, Nevada, Kolorado, Kalifornien und Montana, welche bei einer Jahresproduktion von nahezu 200 000 t die Preise in Deutschland he. abdrücken.

Der Bleiglanz, den die Bergleute aus der Tiefe fördern, ist durch Gestein verunreinigt. Stets haften ihm auch kleinere Mengen von Kupfer-, Nickel- und Zinkerz an. Um nun das reine Blei abzuscheiden, muß eine ganze Reihe von chemischen Umwandlungen vollzogen werden. Im allgemeinen kann man zwei Wege unterscheiden, die zum gleichen Ziel führen: die Röstarbeit und die Niederschlagsarbeit. Die örtlichen Verhältnisse sind allein ausschlaggebend, welches von beiden Verfahren das nutzbringendste ist.

Die Niederschlagsarbeit wird im Oberharz ausgeführt. Mit dem Bleiglanz verschmilzt man Eisen oder sauerstoffhaltige Eisenerze und erzielt dabei Schwefeleisen und Koh- oder Werkblei. Durch passende Zuschläge verwandelt man das Gestein in dünnflüssige Schlacken. Das Schwefeleisen nimmt die fremden Schwefelmetalle in sich auf und scheidet sich als „Bleistein“ im Schmelzofen ab, eine schwarze, metallglänzende Masse.

Durch Abrösten verbrennt man den Schwefel des Steins und erzielt dabei ein unreines Eisenoxyd, welches Kupfer, Nickel, Silber und etwas Blei enthält. Dies wird mit einer neuen Menge Bleiglanz verschmolzen und dadurch eine weitere Menge Werkblei niedergeschlagen. Im Stein reichern sich die fremden Metalle immer mehr an. Wenn er mehrfach verwendet war, enthält er verhältnismäßig wenig Eisen, dafür aber um so mehr Kupfer, Nickel und Silber. Er wird alsdann geröstet und für sich verschmolzen. Dadurch wird aus ihm ein Kupferstein, welcher auf einer Kupferhütte weiter ver-

arbeitet wird. Als Werkzeug benutzt man bei der Niederschlagsarbeit runde Schachtöfen (Fig. 11). Der Ofenraum *A* wird abwechselnd mit Lagen von Kohlen, Erz und Zuschlag angefüllt. Durch das Rohr *M* ziehen die Verbrennungsgase ab und durch *P*

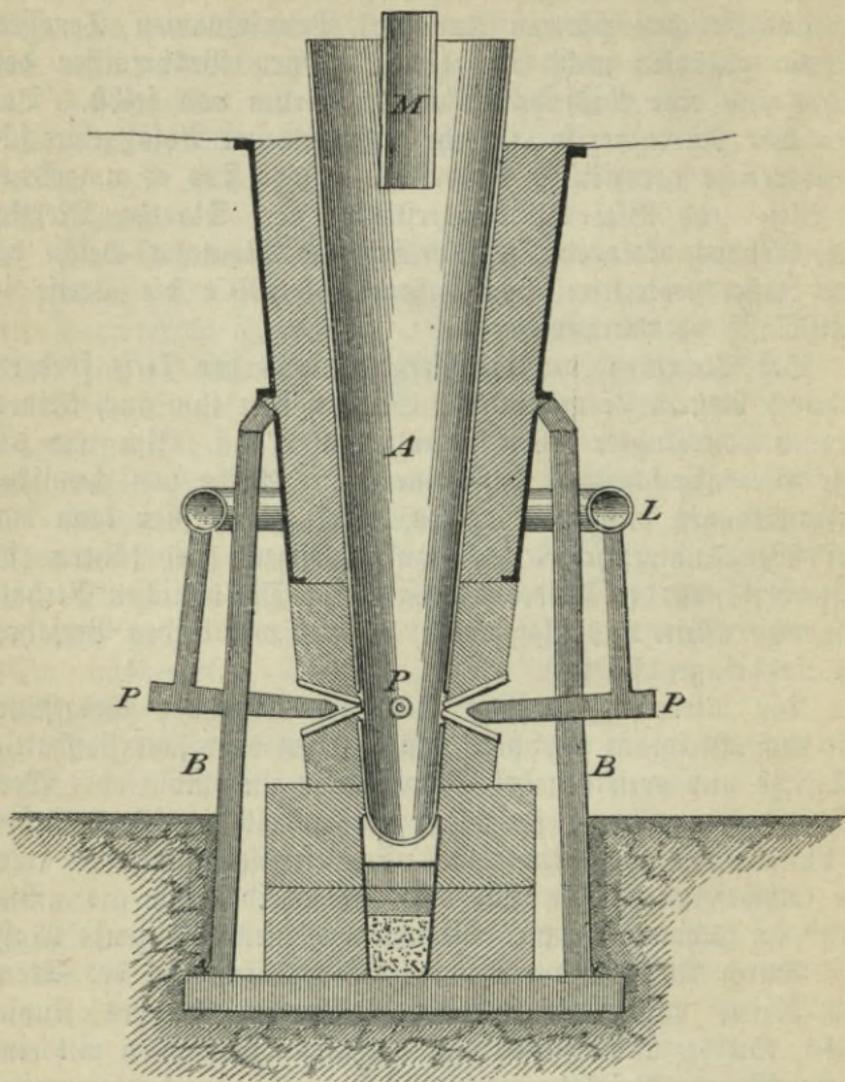


Fig. 11. Schachtöfen zum Blei-Schmelzen. *B* Stützpfiler, *L* Luftleitung.

wird die Brennlust eingeblasen. Die Wände sind feuerfestes Mauerwerk und werden durch eiserne Säulen und Ringe gestützt. Unter dem Ofenschacht ist der Raum mit Schlacken, Lehm und Ziegeln angefüllt und mit Mergel ausgeschlagen.

Um den nötigen Luftzug hervorzurufen, wird durch die „Formen“ erwärmte Luft eingeblasen. Der abziehende Rauch nimmt sehr vielen Flugstaub mit sich, welcher die Pflanzen in weitem Umkreis bedecken und zum Absterben bringen würde. Dem entsprechend leitet man ihn durch gemauerte Kanäle und Kammern, wo sich die festen Teile niedersetzen. Das fertige Werkblei fließt aus einem seitlichen Rohr unten im Schacht ab. Als man noch keine so vollkommenen Öfen hatte, mußte man das Blei mit gediegenem Eisen niederschlagen. Jetzt verwendet man die eisenreichen Schlacken der Stahlwerke oder man nimmt Brauneisenstein und Eisenkies-Abbrände. Das Gas, das im Schmelzofen aufsteigt, scheidet daraus metallisches Eisen ab, welches sich mit dem Bleiglanz zu Blei und Schwefeleisen umsetzt.

Die Röstarbeit beruht darauf, daß man einen Teil des Bleiglanzes durch Abrosten an der Luft in Bleisulfat und Bleioxyd umwandelt. Der Sauerstoffgehalt dieser beiden Körper dient dazu, den Schwefel in einem anderen Teil Bleiglanz zu verbrennen. Neben Werkblei entsteht somit als Abfallprodukt gasförmige Schwefligsäure. Wenn es sich um reine Erze mit wenig Gangart handelt, erhitzt man das Erz nur kurze Zeit an der Luft und erzielt dadurch Bleisulfat. Sind dagegen die Erze unrein und reich an fremden Schwefelmetallen oder an Kieselsäure, so röstet man gründlich. Dadurch bildet sich wesentlich Bleioxyd. Es wird mit Bleiglanz zu metallischem Blei umgesetzt, wobei man gleichzeitig noch Kohlen als Reduktionsmittel zugiebt.

Das ursprünglichste Verfahren hat sich in Kärnten erhalten. Hier arbeitet man mit kleinen Flammöfen, die nur drei Centner Beschickung fassen. Zunächst röstet man bei geringer Hitze und läßt die Luft von allen Seiten eintreten. Dann schließt man alle Öffnungen und heizt unter Umrühren stark an. Jetzt fließt das „Rührblei“ oder „Jungferoblei“ als reinste Sorte aus. Auf den Rückstand wirft man Kohlenklein und reduziert dadurch den Rest Bleioxyd, zugleich aber auch die fremden Metalle. Es fließt also ein unreineres Metall aus, das „Preßblei“.

Da die kleinen Öfen mit ihrer geringen Tagesproduktion sich nicht für den Fabrikbetrieb eignen, hat man in England große Flammöfen gebaut. Dabei läßt sich naturgemäß die Hitze nicht so genau regeln. Schon im Anfang wird zu stark

abgeröstet. Wenn alsdann die starke Hitze eintritt, so werden auch die fremden Metalle zum Teil reduziert. Es fließt also überhaupt kein reines Blei. Um diesen Mißstand zu vermeiden, besorgt man auch das Rösten und Schmelzen in getrennten Öfen. Für den ersten Teil verwendet man die sogenannten Fortschaufelungsöfen; dies sind Flammöfen mit langer Sohle. Das Erz wird zunächst am äußersten Rand gegen den Abzug hin ausgebreitet. Allmählich wird es dann immer näher an die Feuerstelle herangeschaufelt, bis es den gewünschten Grad erreicht hat. Zum Auszuschmelzen verwendet man Schacht-

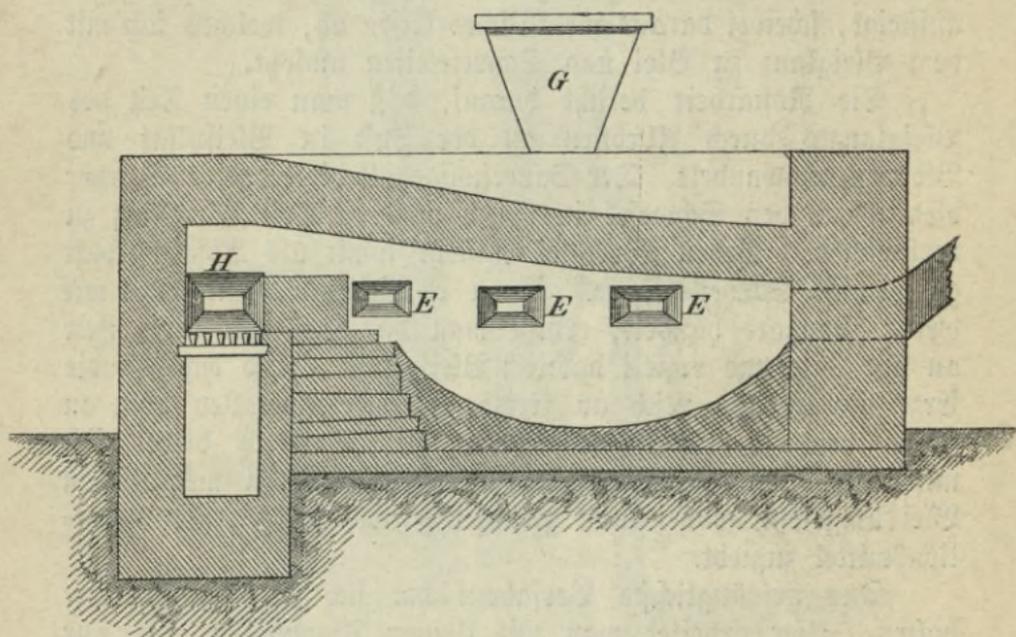


Fig. 12. Englischer Blei-Flammofen; *E* Arbeitsöffnungen, *H* Feuerthüre, *G* Fülltrichter.

öfen, ähnlich dem, der zum Kupferschmelzen gebraucht wird. (siehe Fig. 9). Oft auch wird in großen Flammöfen verschmolzen mit sechs Arbeitsöffnungen. (Fig. 12.)

Die fremden Schwefelmetalle sammeln sich in einem Bleistein an; diesen röstet man und verschmilzt ihn mit geeigneten Zusätzen. Hierbei verschlackt ein Teil des Eisens und man erhält Werkblei neben einem kupferreichen Stein. Indem man den Vorgang noch einmal wiederholt, bekommt man noch einmal etwas Blei und Kupferstein der an die Kupferhütte eingeliefert wird.

Das Werkblei, das nach dem einen oder anderen Verfahren dargestellt wurde, ist noch unrein und zum Gebrauch wenig geeignet. Es enthält Kupfer, Silber, Eisen, Zink, Schwefel, Arsen und Antimon, bisweilen auch Nickel. Alles dies wirkt störend, wenn man das Metall in reine Bleipräparate umwandeln will. Auch werden die günstigen Eigenschaften des Bleies dadurch empfindlich beeinträchtigt. Antimon bewirkt größere Härte, macht aber weniger dehnbar und geschmeidig. Kupferhaltiges Blei liefert unschöne Bleifarben: Bleiweiß, Chromgelb, Mennige. Für feines Krystallglas braucht man ziemlich viel Bleiglätte und Mennige; sind sie unrein, so wird das Glas farbig oder trüb und es kann dem Fabrikanten dadurch ein beträchtlicher Schaden entstehen.

Früher hing die Reinheit des Bleies von der des Erzes ab. Die Kärnthener Bleie waren als vorzüglich bekannt, während die des Unterharzes für sehr unrein galten. Inzwischen hat die Hüttentechnik solche Fortschritte gemacht, daß man auch das weniger gute Metall leicht reinigen kann. Arsen und Antimon oxydieren beide viel schneller als Blei. Erhitzt man also das unreine Metall in großen Flammöfen und läßt Luft darüber streichen, so bedeckt es sich bald mit einer Kruste, welche aus Bleioxyd besteht, daneben aber sehr viel Arsenoxyd und Antimonoxyd enthält. Durch „Polen“ oder Umrühren mit einer saftigen Holzstange befördert man den Prozeß. Von Zeit zu Zeit wird die Oxydschicht abgezogen. Entweder glüht man sie, um Arsen und Antimon zu verflüchtigen, oder man reduziert sie mit Kohle, um daraus die Buchdruckerlettern und gewisse Schrotforten zu gießen. Das Kupfer scheidet man durch „Aus-saigern“ ab, d. h. man erhitzt das Werkblei auf eine Temperatur, welche höher ist als der Schmelzpunkt des Bleies, aber niedriger als der des Kupfers. Die Abfälle, die „Saigerdörner“, verarbeitet man auf Kupfer. Da beim Entsilbern auch alle anderen fremden Metalle entfernt werden, so wird nochmals Gelegenheit gegeben sein, die Bleiraffination zu besprechen.

Um Zeit und Heizmaterial zu sparen, hat man auch versucht, auf elektrischem Wege Blei aus dem Erz darzustellen. Zahlreiche Vorschläge sind schon gemacht worden; welche von ihnen sich in der Praxis bewähren, läßt sich zur Zeit noch nicht entscheiden.

Gepulverter Bleiglanz läßt sich bei dunkler Rotglut durch

starken Druck zu Platten pressen, die den Strom leiten. Man stellt sie in eine Lösung von salpetersaurem Blei und verbindet sie mit dem positiven Pol der Dynamomaschine. Als negative Polplatte nimmt man dünnes Bleiblech. Dabei soll sich sehr reines Blei und reiner Schwefel abscheiden.

Nach einem anderen Verfahren wird das Erz zu Bleisulfat abgeröstet und durch Kochen mit Salzlösung in Chlorblei verwandelt; dies wird dann geschmolzen und elektrolysiert. Als Nebenprodukt erhält man das sehr wertvolle Chlor.

Zur Reinigung des Werkbleis wendet man Elektrizität an unter verschiedenen Bedingungen. Man stellt z. B. das Werkblei in Plattenform in eine Auflösung, welche Bleisulfat und essigsaures Natron enthält, und befestigt es am positiven Pol, während ein Bleiblech den negativen Pol bildet. Alle Verunreinigungen, darunter das Silber, sinken als Schlamm zu Boden; das reine Blei setzt sich am Blech ab.

Reines Blei besitzt eine blaugraue Farbe und auf der frischen Schnittfläche starken Glanz. Beim Reiben färbt es ab. Seine Härte ist so gering, daß man es mit dem Fingernagel ritzen kann. Bei gewöhnlicher Temperatur dehnt es sich unter dem Hammer oder zwischen Walzen leicht aus und kann darum zu dünnem Blech und Draht verarbeitet werden. Wenn man es dagegen nahe an seinen Schmelzpunkt erwärmt, wird es spröde, so daß es beim Hämmern zerbricht. Schneiden läßt es sich sehr gut, nicht aber sägen, raspeln und feilen, weil es zwischen den Zähnen des Werkzeuges hängen bleibt. Legiert man es mit Antimon und Arsen, so wird seine Härte bedeutend vergrößert; ein Zusatz von Zinn drückt seinen Schmelzpunkt stark herab. In reinem Zustand schmilzt es bei 334° , als Zinnlegierung mit 40% Zinn bei 125° . Bei starkem Erhitzen verdampft es und liefert giftige Dämpfe. An der Luft überzieht es sich mit einem dünnen Häutchen, das zwar den Glanz verhüllt, aber das Metall vorzüglich gegen die weitere Einwirkung der Luft schützt.

Man kennt mehrere Sauerstoffverbindungen, von denen das Bleioxyd und die Mennige die bekanntesten sind. Das erste entsteht als Abfallprodukt beim Reinigen des Silbers. Im Handel heißt es Bleiglätte oder Silberglätte. Sie wird verwendet bei der Herstellung von stark lichtbrechendem Glas und um Glasuren und Email auf Thonwaren zu erzeugen.

Bleihaltiges Glas besitzt in hohem Grad die Fähigkeit, die Lichtstrahlen in eine andere Richtung abzulenken. Man schleift darum aus ihm die besten optischen Linsen für Fernrohre und für die feinsten Vergrößerungsgläser. Zahlreiche Erscheinungen auf dem Gebiet der Astronomie oder der Lehre vom inneren Aufbau des Tier- und Pflanzenkörpers wären dem Menschen unbekannt, wenn dieses Glas nicht wäre.

Wird Bleioxyd mit Essigsäure behandelt, so entsteht daraus Bleießig und Bleizucker. Die Mennige wird ebenfalls aus ihm bereitet. Man braucht sie viel als Mal- und Anstreichfarbe, sowie zur Herstellung von Krystallglas und wasserdichtem Kitt. Aus Bleießiglösung entsteht durch Einwirkung der Kohlensäure eine weiße Malerfarbe, das Bleiweiß; mit chromsaurem Kali erhält man aus Bleießig das Chromgelb. Gewöhnliches Brunnenwasser kann, wenn es viel Luft und wenig feste Bestandteile in sich gelöst enthält, Blei in sich aufnehmen und sehr gesundheits-schädlich werden. Dies ist namentlich dann zu befürchten, wenn das Wasser nur langsam durch die Röhren fließt.

Gegen Salpetersäure leistet Blei wenig Widerstand. Salzsäure dagegen greift es nur schwer an, noch weniger die Schwefelsäure. Es werden darum die Räume, wo diese Säure hergestellt wird, mit Bleiplatten ausgeschlagen. Auch um die Schwefelsäure einzudampfen, verwendet man bleierne Pfannen. Mittels besonderer Maschinen werden die Wasserleitungsröhren gepreßt, ebenso die deutschen Infanteriegeschosse. Die Artilleriegeschosse sind mit einem Bleimantel umgeben, damit sie sich dem Geschützlauf gut anschmiegen. Also auch zu Kriegszwecken ist das Blei unentbehrlich. Auf den Silber- und Kupferhütten werden die Edelmetalle „verbleit“, um sie zu reinigen; hierzu ist viel Blei nötig. Die Akkumulatoren, in denen man Elektrizität aufspeichert — oder besser gesagt, chemische Kraft in elektrische umwandelt —, enthalten als wesentlichen Bestandteil zwei Bleiplatten und verschiedene Bleiverbindungen. Große Mengen von Blei werden ferner gebraucht, um Blech daraus zu machen zum Belegen feuchter Wände, zum Verpacken von Schnupftabak, für Bleisoldaten und andere Spielwaren, zum Ausgießen der Fugen an Falzziegeln und eisernen Röhren, zum Befestigen eiserner Stäbe und Klammern in Steinen zc. Seine Verwendung in der Technik ist also eine sehr ausgedehnte.

Vor allem sind es Industriezweige jüngerer Ursprungs, denen das Blei zum unentbehrlichen Hilfsmittel geworden ist. Im frühen Altertum fand es nur geringe Verwendung und war darum nur sehr wenig geschätzt. Außerst spärlich sind darum auch die Berichte, die auf uns überkommen sind. Aus Bleiglanz ist es so umständlich zu gewinnen, daß es sicher nicht durch Zufall daraus erhalten worden ist. Vielmehr muß man annehmen, daß die Entdecker des Bleies bereits mit hüttenmännischen Vorgängen einigermaßen vertraut gewesen sind. Vielleicht gelangte man zu seiner Kenntnis, als man Silbererze ausschmolz. Anfangs mag man es für eine Verunreinigung des Silbers gehalten haben. In Gebrauch ist es jedenfalls viel später erst als dieses gekommen.

In geschichtlicher Zeit handelten bereits die Phönicier mit Blei. Vermutlich brachten sie es, wie auch andere Metalle, zuerst aus dem uralten Kulturland Indien. Hier lernten sie wohl auch, wie man es aus dem Bleiglanz gewinnt. Nun beuteten sie auch die Erzlager der vorderasiatischen Heimat und der Küstenländer des Mittelländischen Meeres aus. So kam die Kenntnis auch zu den Völkern des Abendlandes. Die Griechen und Römer machten Platten und Röhren daraus; auch verstanden sie es, Malerfarben damit herzustellen. Sie wußten bereits, daß geschmolzenes Blei sich mit einer Haut überzieht und daß diese sich mit Kohle wieder in Blei zurückverwandeln läßt. Aus Bleioryd bereiteten sie durch Kochen mit Öl das Bleipflaster. Indem sie Bleiplatten in Essig stellten und die Töpfe mit faulendem Dünger umgaben, erhielten sie kohlenfaures Blei oder Bleiweiß. Dies wurde ebenso wie die Bleiglätte als Heilmittel verwendet. Durch Glühen von Bleiweiß erhielt man die Mennige.

Für die Alchemisten war das Blei die wichtigste Ausgangssubstanz. Sein hohes Eigengewicht und seine geringe Härte ließen so große Ähnlichkeit mit dem König der Metalle erkennen, daß es scheinbar nur geringer Umänderungen bedurfte, um aus dem unedlen Metall ein edles zu machen. Besonders günstig für die Versuche war der sehr niedere Schmelzpunkt des Bleies. Erst unserm Jahrhundert ist es vorbehalten gewesen, die Eigenschaften des Bleies richtig zu erkennen und auszunutzen. Dementsprechend ist die Menge, die jährlich gefördert wird, eine sehr beträchtliche.

Bleiproduktion in den Jahren 1893—1898 in Tonnen
(aus The Mineral Industry).

	1893	1894	1895	1896	1897	1898
Belgien	12 006	14 120	15 573	17 222	17 023	—
Kanada	968	2 587	7 467	10 977	17 698	14 477
Chile	73	87	93	594	370	—
Deutschland	94 659	100 000	111 058	113 792	118 881	132 742
Frankreich	8 119	8 758	7 627	8 232	9 916	—
Griechenland	14 534	14 434	19 845	15 180	16 486	19 193
Großbritannien aus eig. Erzen	30 173	30 162	29 464	33 058	26 942	—
Großbritannien aus fr. Erzen	6 127	9 538	16 036	25 388	33 058	—
Italien	19 898	19 605	20 353	20 786	22 407	—
Japan	941	1 454	1 950	1 958	1 950	—
Mexiko	64 000	57 000	68 000	63 000	71 637	71 442
Neu-Süd-Wales	58 000	50 000	38 000	30 000	22 000	—
Rußland	844	743	412	262	256	—
Schweden	461	330	1 256	1 530	1 480	—
Spanien	169 318	152 620	160 786	167 016	189 216	193 764
Ungarn	2 514	2 113	2 277	1 911	2 527	—
Berein. Staaten	151 210	145 906	142 298	158 479	179 369	207 271

Alle Bleiverbindungen sind in hohem Grad giftig. Da auch die in Wasser unlöslichen vom menschlichen Körper aufgenommen werden, ist die Gefahr einer Bleivergiftung sehr groß. Man hat berechnet, daß zwölf Prozent aller Vergiftungen durch Blei und Bleisalze hervorgerufen werden. Die Wirkung ist um so gefährlicher, als sie nur ganz allmählich sich geltend macht. Durch Reichsgesetz ist darum die Verwendung von Blei zu Gerätschaften, die mit Speisen in Berührung kommen, erheblich eingeschränkt.

Silber.

Neben Gold und Kupfer ist das Silber dem Menschen am frühesten bekannt geworden. Die Völker, welche Bergbau auf Gold trieben, fanden es mit diesem zusammen, z. B. die Ägypter und Assyrer. Griechen und Römer bezogen es aus den Gruben des Kap Laurion und aus Spanien, in beiden Fällen in Gesellschaft mit Blei. Namentlich Spanien bot große Reichtümer, welche die Phönicier, Karthager und Römer hoben. In späterer Zeit legten die Römer auch Gruben in den nördlichen Provinzen an, z. B. in Dazien, im ungarischen Erzgebirge, in der Eifel. Im 8. bis 14. Jahrhundert versorgten hauptsächlich die Fundstätten des heutigen Oesterreich Europa mit Silber: Schemnitz, Kremnitz, Neusohl, Mies, Przibram, Südtirol, Salzburg. Später kamen Joachimsthal und Schneeberg im sächsischen Erzgebirge, der Rammelsberg bei Goslar und St. Andreasberg im Harz hinzu. In diesem Jahrhundert wurden neue Fundorte in Spanien bekannt; durch Verbesserungen im Betrieb der Bleihütten fiel auch eine große Menge Silber aus den alten Gruben von Cartagena und der Sierra de Gador.

Nach Beendigung des dreißigjährigen Krieges wurden die Gruben zu Kongssberg in Norwegen erschlossen. Jetzt sind sie stark erschöpft, aber ehemals waren sie vielleicht die reichsten Europas. Viel ausgedehnter und reicher noch sind die Lager Amerikas. Kaum ein Lebensalter nach dem Eindringen Cortez' in Mexiko wurden schon eine ganze Anzahl Gruben in Betrieb genommen. In Peru, Bolivia, Chile geschah nach kurzer Zeit dasselbe. Von hier stammte damals über die Hälfte alles Silbers. Bis heute sind in 350 Jahren von Mexiko und aus Südamerika schätzungsweise für über 20 000 Millionen Mark Silber gefördert worden. Als in der Mitte des 16. Jahrhunderts die Quecksilberlaugerei aufkam, war auch die Ausbeutung ärmerer

Gruben ermöglicht. Solange aber Amerika in seinem Quecksilberbedarfe von Europa abhängig war, wirkte jeder europäische Krieg störend auch auf die peruanische und mexikanische Silberindustrie. Erst die großartigen kalifornischen Quecksilberfunde beseitigten diesen Mangel. Alle Staaten im Gebiet der Cordilleren sind silberführend: Colorado, Kalifornien, Montana, Arizona, Neumexiko, Oregon und als wichtigste Utah und Nevada mit dem berühmten Comstockgang. Die große Silberproduktion hat erst in der Mitte dieses Jahrhunderts begonnen, zeitlich ungefähr mit dem Aufkommen der Goldfelder. Seit einigen Jahren wird auch viel Silber von Australien eingeführt.

Entsprechend seinen chemischen Eigenschaften kommt das Silber sowohl gediegen, wie in vererztem Zustand vor. Als gediegenes Metall findet es sich im Ausgehenden der Gänge und bildet das Zersetzungsergebnis verschiedener Erze. An solchen Orten trifft man es bisweilen in größeren Klumpen. Auf diese Weise mag es auch zur Kenntnis der Menschen gelangt sein. Es lag vielleicht in dem dunklen, erdigen Gestein, nur wenig bedeckt von Schutt und Gerölle. Durch Zufall mag die Decke weggenommen worden sein; Fluten mögen sie weggeschwemmt, entwurzelnde Bäume sie aufgedeckt, der Pflug sie bloßgelegt haben. Sagen und Märchen erzählen sehr oft von wunderbaren Schätzen, welche von glücklichen Menschen durch seltsame Zufälle entdeckt und gehoben wurden. Viele solcher Berichte gehen vielleicht auf thatsächliche Silberfunde zurück. Auf das Silber der Pyrenäen sollen die Hirtenvölker des Altertums erst durch Waldbrände aufmerksam geworden sein, als das edle Metall in glühenden Bächlein sich über die Felsen ergoß.

Ganz reines Silber ist sehr selten. Berühmt waren früher die Gruben von Kongsberg, wo Klumpen bis zu 500 kg Gewicht gefunden wurden. Fast immer enthält es fremde Metalle, häufig Gold in beträchtlicher Menge, bisweilen Quecksilber. Seine Erze sind Schwefelverbindungen mit und ohne Arsen- oder Antimon Gehalt. Die wichtigsten sind Silberglanz mit 87,1 % Silber, Sprödglasserz mit 68,4 %, dunkles Rotgültigerz mit 59,8 %, liches Rotgültigerz mit 65,4 %, Hornerz mit 75,3 %, Fahlerz mit bis zu 21 % Silber. Außerdem sind als silberhaltig die Schwefelverbindungen anderer Metalle

zu nennen: Bleiglanz, Zinkblende, Kupfererze, Schwefelkies und andere.

In reinem Zustand ist das Silber weiß ohne jeden Stich ins Gelbe oder Blaue. Sein starker Glanz tritt namentlich auf polierten Flächen hervor. Von reiner Luft wird es nicht angegriffen; dagegen schwärzt es sich leicht in schlechter Luft unter Bildung von Schwefelsilber. Auf einem Stück Holzkohle kann es mit der Lötrohrflamme leicht geschmolzen werden; sein Schmelzpunkt liegt bei 1000°. Hierbei verändert es sich zwar nicht, löst aber Sauerstoff in sich auf, um ihn beim Erstarren mit lebhaftem Geräusch (Sprazen) wieder auszustoßen. Gleichwie das Gold besitzt es die Fähigkeit, sich durch Hämmern und Walzen stark ausdehnen zu lassen. Man kann aus ihm Blattsilber und die feinsten Drähte verfertigen. Seine Härte ist aber größer als die des Goldes, kleiner als die von Kupfer. In Salpetersäure löst es sich leicht unter Bildung von Höllestein. Auch in starker heißer Schwefelsäure ist es löslich. Anwendung im großen Maßstab macht man davon bei der Gold- und Silberscheidung.

Die Silbererze verschmilzt man nur selten für sich. Meistens wandelt man sie erst in eine silberreiche Bleilegierung um, welche man nachher entsilbert. Wie wir gesehen haben, kann man aus unreinem Blei leicht das reine Metall erhalten, wenn man es teilweise oxydiert. Es verbrennt hierbei der größte Teil der Verunreinigungen. Ist nun das Blei silberhaltig, so bleibt neben einem Rest Blei sämtliches Silber metallisch zurück, während die Oxyde der fremden Metalle mit dem Bleioxyd weggegangen sind.

Das „Verbleien“ geschieht bei silberreichen Erzen dadurch, daß man sie in schmelzendes Blei einträgt, während ein kräftiger Luftzug über das Bleibad hingehet. Hierbei bildet sich an der Oberfläche Bleiglätte, welche die Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen unter Abscheidung von metallischem Silber zerlegt. Das gediegene Silber löst sich im Blei. Das Verfahren nennt man das Eintränken. Ärmere Erze verschmilzt man direkt mit Bleiglanz auf Werkblei. Die Entsilberung erfolgt durch das Abtreiben auf dem Treibherd (Fig. 13). Dies ist ein kleiner Gebläseflammenofen. Das Werkblei wird eingeschmolzen und durch die Gebläseluft oxydiert. Es entsteht Bleiglätte, welche schmilzt und über den Herd abfließt, während das

Silber als Bleisilber zurückbleibt. Das zuerst entstehende Bleioxyd ist unrein. Es enthält die Verbrennungsprodukte von Arsen und Antimon und kann auf Hartblei verarbeitet werden. Das später entstehende Oxyd wird wieder mit Kohle zu metallischem Blei reduziert. Das Bleisilber glüht man noch einmal gründlich aus, um die letzten Spuren von Verunreinigung zu verbrennen.

Ist das Werkblei sehr silberarm und enthält vielleicht nur 0,03 % oder noch weniger Edelmetall, so lohnt sich ein direktes Abtreiben nicht. Man sucht es anzureichern, d. h. alles Silber

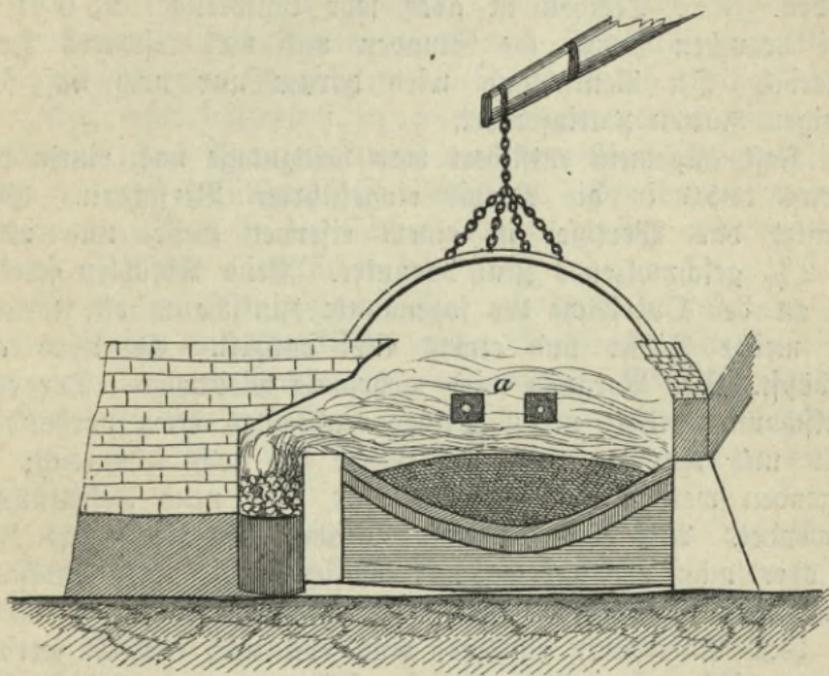


Fig. 13. Treibherd. a Mündung des Gebläses.

in einem kleineren Teil zu sammeln, während im größeren Teil der Silbergehalt nicht mehr berücksichtigt zu werden braucht. Das Reichblei wird alsdann abgetrieben, während das Armblei in den Handel kommt. Das Anreichern besorgt man in zweierlei Weise. Man hat beobachtet, daß aus einer nicht mehr als 2 % Silber enthaltenden Bleisilberlegierung beim Abkühlen zuerst Krystalle von reinem Blei sich abscheiden, während silberreicheres Blei noch geschmolzen bleibt. Durch den Engländer Pattinson wurde daraus ein Verfahren entwickelt, welches treibwürdiges Blei von 1,5—1,7 % Silber neben einem Armblei

von nur 0,001 % liefert. Zu diesem Zweck wird das Blei geschmolzen und mit Dampf und Wasser wieder abgekühlt. Die Bleikryalle schöpft man ab oder läßt den flüssigen Teil abfließen. Kryalle und Lauge werden alsdann für sich wieder geschmolzen, abgekühlt u. s. w. Die gleichhaltigen Bleie werden jeweils vereinigt und allmählich die Trennung in Reich- und Armblei durchgeführt. Das Armblei ist sehr rein. Nachteilig für das Verfahren ist, daß so oft umgeschmolzen werden muß, wobei trotzdem nur auf höchstens 2 % angereichert wird. Infolge dessen muß ungefähr ein Drittel der ursprünglichen Beschickung abgetrieben werden. Das Treiben ist aber sehr kostspielig. 25 000 kg Blei brauchen hierzu 80 Stunden und viel kostbares Heizmaterial. In Deutschland wird darum nur noch auf sehr wenigen Hütten pattinsoniert.

Fast allgemein entzilbert man heutzutage nach einem von Parkes 1850 in die Praxis eingeführten Verfahren. Man schmilzt das Werkblei in einem eisernen Kessel und rührt 1—2 % geschmolzenes Zink darunter. Beim Abkühlen scheidet sich an der Oberfläche der sogenannte Zinkschaum ab, welcher das meiste Silber und etwas Blei enthält. Er wird abgeschöpft. Der Vorgang wird mehrmals wiederholt. Der erste Zinkschaum enthält neben Silber auch alles etwa vorhandene Gold und Kupfer; auch der zweite ist noch silberreich; die folgenden werden als Zinkzusatz für eine neue Kesselfüllung verwendet. Aus dem Schaum destilliert man zuerst das Zink ab oder man oxydiert es mit Wasserdampf. Als Rückstand erhält man Reichblei, welches abgetrieben wird. Das Armblei, das beim Parkesieren entsteht, muß erst noch entzinkt werden. Man erhitzt es zu diesem Zweck auf Rotglut und bläst Wasserdampf hindurch. Dabei oxydiert sich das Zink und wird von der Oberfläche abgehoben. Es bleibt ein Armblei übrig, welches ohne weiteres handelsfähige Ware bildet.

Sind die Silbererze sehr arm, so lohnt es sich nicht, sie in Blei einzutränken oder mit Bleiglanz zu verschmelzen. In vielen Gegenden ist das Verbleien auch durch den gänzlichen Mangel an Bleierzen oder an Heizmaterialien und Schmelzapparaten unmöglich gemacht. Dann zieht man das Silber mit Lösungsmitteln aus. Hierzu verwendet man Quecksilber und Salzlösungen. Auch reichhaltige Kupfersteine beutet man auf diese Art vorteilhafter aus als durch Verbleien. Silber löst sich, ebenso wie Gold, unter

Amalgambildung leicht in Quecksilber auf. Ebenso löst sich Schwefelsilber in Kochsalzlösungen, namentlich wenn die Flüssigkeit auch zugleich noch Kupfer gelöst enthält. Aus der Lösung scheidet Quecksilber metallisches Silber aus, welches sich sofort amalgamiert.

Hierauf beruht der in Peru, Chile und Mexiko vielfach gebräuchliche Patio-Prozeß. Das Erz wird mit Wasser angerührt und zu einem feinen Brei gemahlen. Der dünne Schlamm wird nach Zusatz von etwa 5 % Kochsalz auf einem mit Steinplatten ausgelegten Hofraum (Hof spanisch = patio) ausgebreitet. Durch Maultiere läßt man ihn gründlich durchtreten, um alle Teile mit Luft in Berührung zu bringen. Nach einigen Tagen wird abgerösteter Kupferkies und später auch Quecksilber eingeknetet. Während mehrerer Monate wird alsdann täglich durchgestampft. Der Brei wird schließlich in einer ausgemauerten Grube abgeschlämmt; das Amalgam preßt man vom überschüssigen Quecksilber ab und destilliert den Rückstand. Bei diesem mangelhaftem Verfahren ist die Silberausbeute gering und der Verlust an Zeit und Quecksilber sehr groß.

Bisweilen röstet man die Erze mit Kochsalz und laugt mit heißem Wasser und Quecksilber aus. In Freiberg wurde dieses Verfahren bis zum Jahr 1857 angewandt. Mit Eisenabfällen schied man die Edelmetalle aus der Salzlösung aus und sammelte sie mit Quecksilber. Als Maschinen verwendete man rotierende Fässer.

Wo es die Verhältnisse gestatten, hat man das Amalgamieren durch das billigere und ausgiebigere Auslaugen ersetzt. Man röstet z. B. das Erz oder den silberhaltigen Kupferstein ab, setzt Kochsalz zu und röstet nochmals. Wenn man jetzt mit Wasser auslaugt, so enthält die Flüssigkeit Chlorsilber gelöst. Wird eine Kupferplatte eingetaucht, so scheidet sich auf ihr alles Silber ab. Oder man röstet die Erze vorsichtig soweit ab, daß das Schwefelsilber sich in schwefelsaures Silber verwandelt. Dies wird mit heißem Wasser ausgezogen und durch Kupferblech zerseht. Die „Wasserlaugerei“ ist im Mansfeldischen gebräuchlich. Nach einem anderen Verfahren röstet man arme Erze mit Kochsalz ab und erhält dadurch Chlorsilber. Dies zieht man mit unterschwefligsaurem Natron oder in neuerer Zeit auch mit Cyankalium aus.

Alles Silber, das durch Amalgamation oder Auslaugen erhalten wurde, wird mit Blei verschmolzen und abgetrieben.

Ausnahmslos enthält es auch den ganzen Goldgehalt des Erzes. Gold und Silber werden auf nassem Weg geschieden, indem man mittels Salpetersäure oder Schwefelsäure das Silber zur Lösung bringt. Während man früher immer mit Salpetersäure trennte, wird jetzt die „Affination“ fast nur mit Schwefelsäure ausgeführt. Aus Scheidewasser fällt man früher das Silber mit Kochsalz als Chlorsilber und reduzierte dies mit Zinkblech. Das Silbersulfat dagegen verwandelt man in das freie Metall, indem man Kupferblech oder Eisen in die Flüssigkeit stellt, oder auch Eisenvitriollösung zugießt. Das Gold bleibt als Schlamm in der Säure zurück und wird unter Zusatz von Borax und Salpeter eingeschmolzen.

Einen Überblick über die Silberförderung mag folgende Zusammenstellung geben:

Die Silberproduktion der Erde verteilte sich in den letzten fünfzehn Jahren folgendermaßen.

Länder	1884	1894	1897		1898	
	kg	kg	kg	Wert (Mk.)	kg	Wert (Mk.)
Verein. Staaten	1 283 855	1 539 942	1 756 004	135 023 260	1 827 723	138 680 980
Kanada . . .	10 868	26 371	172 885	13 293 580	137 913	10 464 440
Mexiko . . .	904 000	1 463 361	1 681 212	129 272 312	1 768 501	134 187 420
Centralamerika	48 123	48 123	50 500	3 882 940	50 500	3 831 636
Argentinien . .	722	37 334	10 210	786 032	10 210	774 700
Bolivia . . .	137 468	684 418	333 609	25 647 016	342 138	25 960 000
Chile . . .	199 516	88 680	143 514	11 034 780	143 514	10 888 980
Colombia . . .	24 061	52 511	51 200	3 940 764	51 200	3 884 748
Ecuador . . .	—	—	240	18 440	240	18 212
Peru . . .	75 263	107 670	58 368	4 484 052	58 368	4 428 752
Österreich . . .	53 391	61 319	40 026	3 077 596	40 026	3 036 932
Ungarn . . .	—	—	26 790	2 060 284	26 790	2 032 664
Frankreich . . .	54 314	98 077	80 351	6 178 188	80 351	6 096 552
Deutschland . . .	31 564	198 270	448 068	34 452 992	480 578	36 462 976
Griechenland . .	—	35 436	34 133	2 629 268	40 533	3 075 400
Italien . . .	33 839	28 885	45 313	3 484 112	45 313	3 438 080
Norwegen . . .	5 147	4 705	4 720	362 920	4 728	358 124
Rußland . . .	13 522	8 580	8 713	669 960	8 663	657 296
Spanien . . .	58 711	63 605	131 000	10 072 896	229 000	17 375 144
Schweden . . .	5 828	2 869	2 218	170 556	2 218	168 704
Türkei . . .	—	—	1 525	117 256	1 525	115 708
England . . .	9 964	7 932	7 750	595 880	7 750	588 008
Japan . . .	32 065	60 869	78 009	5 998 320	78 009	5 919 036
Australien . . .	6 422	562 263	531 174	40 841 948	534 360	40 544 052

Von annähernd drei Millionen kg ist die Produktion auf sechs Millionen jährlich gestiegen. In der Zeit von 1883—1894 wurden insgesamt 27 399 238 kg in Umlauf gebracht. Die fortgesetzt steigende Silbermenge bedingt ein stetes Zurückgehen des Preises. Man nimmt als Wertmesser das Gold und bestimmt den Silberpreis durch das Gewicht Silber, das gleichwertig mit einem Kilogramm Gold erachtet wird. Im Altertum zahlte man hierfür 10—12 kg Silber. Seit mehreren Jahrhunderten bestand die Wertbeziehung 1 zu 15,5.

Erst seit 1872, als fortgesetzt neue Sendungen Silber aus Nordamerika kamen, ist der Preis rasch gesunken. Jetzt ist die Kursnotierung annähernd 30 kg Silber auf 1 kg Gold oder 80 Mark für 1 kg. Wegen der ununterbrochenen Preisschwankungen, die sich auch durch internationale Übereinkunft nicht vermeiden lassen, ist das Silber als ausgesprochenes Währungsmetall ungeeignet. Im Deutschen Reich ist seit 1873 die Goldwährung eingeführt. Niemand ist verpflichtet, als Zahlung eine Summe von mehr als 20 Mark in Silber anzunehmen, weil eben der Silbergehalt der Münzen thatsächlich einen geringeren Wert hat als die Prägung angiebt.

Weil das reine Silber zu weich ist, sind die deutschen Silbermünzen Legierungen. Sie bestehen aus 900 Teilen Silber und 100 Teilen Kupfer. Der Feingehalt wird in Tausendteilen angegeben wie beim Gold. Früher drückte man ihn in Loten aus, welche in der Mark enthalten sind. Eine Mark waren 16 Lot Feinsilber. Zwölfwötig hieß z. B. ein Silber, welches aus 12 Lot Silber und 4 Lot Kupfer zusammengesetzt war. Nach dem jetzt geltenden deutschen Münzgesetz ist 1 kg Feinsilber in 200 Mark Silbermünzen enthalten; 180 Mark in Silber wiegen also 1 kg.

Häufig überzieht man Metalle mit einer Silberschicht. Dies geschieht entweder durch Plattieren oder durch Versilbern. Plattierte Waren entsprechen dem Gold-Double. Man stellt sie her, indem man erst auf dem Metall eine dünne Silberschicht galvanisch erzeugt oder aus Höllensteinlösung chemisch abscheidet. Darauf legt man eine Silberplatte, glüht und läßt durch ein Walzwerk gehen. Jetzt sind beide Metalle untrennbar vereinigt. Das Versilbern geschieht teils mit Silberamalgam, das man aufstreicht und einbrennt, teils durch Aufreiben von passenden Chlor Silbermischungen, teils auch galvanisch in

Cyankaliumlösung. Gegenstände aus Neufilber oder Britanniametall werden bisweilen versilbert und kommen unter dem Namen Alfenide oder Chinasilber in den Handel.

Das in der letzten Zeit so beliebte „oxydierte“ Silber wird dadurch hergestellt, daß man den fertigen, blank silbernen Gegenstand in eine Lösung von Schwefelkalium eintaucht. Hierdurch wird oberflächlich eine Schicht von schwarzem Schwefelsilber erzeugt.

Seit kurzer Zeit verwendet man äußerst fein verteiltes Silber in Form von Salbe oder auf Verbandgaze, um Wunden vor Fäulnis zu schützen. Die Wirkung erklärt man damit, daß von den fäulniserregenden Pilzen Stoffe gebildet werden, welche das Silber auflösen und nun ihrerseits als Gift gegen die Pilze wirken.

Seit drei Jahrtausenden schlägt man aus dem Silber Münzen. Für den Kleinverkehr sind diese naturgemäß viel wichtiger als Gold. Wahrscheinlich ist es überhaupt das erste Metall, welches geprägt worden ist. Die Silbermünzen gehören zu den wertvollsten Denkmälern der Weltgeschichte. Aus der Prägung und Form kann man auf den Schönheits Sinn und die Kunst fernster Zeitalter schließen. Sie liefern ein unzweideutiges Zeugnis von dem Kulturzustand der Völker. Sie sind wichtiger als die goldenen Münzen, weil sie häufiger sind und zuverlässiger als die kupfernen und bronzenen, weil die Prägung besser erhalten blieb.

Da man das Silber bergmännisch gewinnt und tiefe Schächte und Stollen treibt, um die Erze heraufzuholen, hat es mehr als irgend ein anderes Metall unsere Kenntnisse von der Beschaffenheit der Erdrinde fördern helfen. Die Wissenschaft hat dabei ebenso großen Vorteil gehabt, wie die Kunst des Bergbaues. Die Geologie hat ihren Ausgang an der Bergakademie zu Freiberg genommen, wo seit vielen Jahrhunderten strebsame Arbeiter in stiller und angestrenzter Thätigkeit die Silberadern des Erzgebirges verfolgen. Im In- und Ausland macht man sich die praktischen Erfahrungen zu nutze, welche hier von vielen Geschlechtern gesammelt worden sind. Die Erze verlangten eine genaue chemische Untersuchung und so hat die chemische Wissenschaft eine außerordentlich wertvolle Stütze und Anregung gerade im Silberbergbau erhalten.

Eisen. *)

Für Kulturgeschichte und Technik ist das Eisen unstreitig zum wichtigsten Metall geworden. Um es in einem Zustand zu erhalten, der es für Werkzeuge und Waffen geeignet macht, sind größere Maschinen und Apparate nötig gewesen. Erst mußten an anderen Metallen Erfahrungen gesammelt werden hinsichtlich der Art, wie man sie am besten ausschmilzt, hämmert und verwendet. So kam das Eisen allgemein in Gebrauch, nachdem man schon Jahrtausende lang Bronzeschwerter und Bronzebeile benutzt hatte. Die Erfindung der Eisenschmelzöfen und die Kunst, dieses Metall zu schmieden, sind darum als Zeichen eines bedeutenden Fortschrittes in der menschlichen Geistesentwicklung zu betrachten.

Daß Bronze und Kupfer vor dem Eisen schon verarbeitet wurden, erscheint namentlich im ersten Augenblick deswegen so auffallend, weil das Eisen von allen Metallen unbedingt das verbreitetste ist. Kein Gestein, kein Fels ist frei von ihm. Es bildet mit der Kieselsäure Salze von verschiedener Zusammensetzung, welche unter dem Einfluß von Wasser und Kohlensäure zersezt werden. Der Farbenwechsel des verwitternden Gesteins wird in den meisten Fällen dadurch bedingt.

Im Quellwasser sind die meisten Eisenverbindungen etwas löslich. Aus dem Wasser werden sie von den Pflanzen aufgenommen und zum Aufbau ihres Körpers verwendet. Von

*) Vor einiger Zeit ist in der Sammlung, der dieses Bändchen angehört, aus der Feder eines Fachmanns eine Abhandlung erschienen, die sich ausschließlich mit Eisen und Stahl, ihrer Geschichte und Industrie befaßt. Thunlichste Kürze des vorliegenden Aufsazes, sowie namentlich der Mangel an Zeichnungen erschien aus diesem Grunde berechtigt.

den Pflanzen gelangt das Eisen in den Körper der Tiere und Menschen und bildet hier einen wesentlichen und unentbehrlichen Bestandteil. Im menschlichen Körper ist es in einer Menge von nur ungefähr 2 g enthalten. Trotz dieser geringen Menge ist es aber sehr wichtig. Es hilft den roten Blutfarbstoff bilden, welcher seinerseits für die Ernährung und Durchlüftung des Körpers wichtig ist.

Die wasserlöslichen Salze zersetzen sich leicht und scheiden unlösliche Oxide und Schwefelverbindungen aus. Anhäufungen von Eisenerzen sind darum keine Seltenheit. In jedem moorigen Wiesengraben, in jedem Torfstich kann man sie entstehen sehen. Jede faulende Pflanze schlägt aus Bach- und Sumpfwasser rotes oder gelbbraunes schlammiges Eisenoxyd nieder. Der Boden in der Umgebung jeder Düngergrube ist schwarz von Schwefeleisen, das sein Eisen dem Boden, den Schwefel den verwesenden Abfällen verdankt. Unter Torf und Sumpfwiesen bilden sich oft dicke Lagen einer erdigen, rotgelb gefärbten Masse, welche Rasenerz genannt wird. Indem es sich im Lauf der Jahrhunderte ungestört anhäuft, haben sich in der Vorzeit große Lager gebildet, welche der Mensch heute als abbauwürdig betrachtet. Derartige Erz enthält naturgemäß stets Reste der pflanzlichen und tierischen Lebewesen, welchen es seinen Ursprung verdankt. Vor allem sind Phosphor und Schwefel solche Überbleibsel. Aus Wasser werden die Eisensalze häufig auch durch andere Salzlösungen abgeschieden, die ebenfalls im Quellwasser gelöst waren. Dann sind sie frei von Phosphor und werden besonders geschätzt.

Hauptsächlich vier Arten von Eisenmineralien sind es, welche die Grundlage für die gesamte Eisenindustrie bilden: Magneteisenstein, Roteisenerz, Brauneisenstein und Eisenspat. Hierzu kommt seit einigen Jahren auch der Eisenkies, den man bis dahin wegen seines Schwefelgehaltes nur zur Schwefelsäurefabrikation zu verwenden wußte. Der Spateisenstein ist kohlen-saures Eisen. Magneteisen und Roteisenstein sind reine Oxide; Brauneisenerz ist ebenfalls ein Oxid, das aber auch Wasser chemisch gebunden enthält. Die Substanz dieser vier Mineralarten ist meist mit Thon, Mergel, Quarz oder Kohle vermischt. Dadurch entstehen erdige, ockerige oder körnige Abarten. Beim Verhüttungsprozeß werden nur oxydische Verbindungen verwendet. Kohlen-säure, Schwefel und Wasser vertreibt man durch

Rösten. Dann bleiben verhältnismäßig reine Dryde übrig, vermischt mit Gestein. Den Sauerstoff der Erze nimmt man mit Kohle weg, indem man sie im Hochofen glüht. Dies ist ein Gebäude von 15 bis 25 m Höhe und etwa 10 m äußerem Durchmesser, in welchen oben abwechselnd Schichten von Kohle und Erz eingefüllt werden, während von unten erhitzte Luft eingeblasen wird. Im untersten Teile befindet sich der Ofeninhalt in vollster Glut, während er weiter oben nur noch stark erhitzt ist. Die glühende Kohle, und noch mehr ihr unvollkommenes Verbrennungsprodukt, das Kohlenoxyd, reduzieren das Eisenerz zu metallischem Eisen. Nachdem es noch Kohlenstoff in sich aufgenommen hat, schmilzt es und fließt als Roheisen unten ab. Mit dem Eisen schmilzt zugleich das anhaftende Gestein, dem man schon anfangs durch Beimischen von „Zuschlägen“ eine geeignete Zusammensetzung gegeben hatte.

Der Kohlenstoffgehalt macht das Roheisen leichtflüssig und zum Gießen geeignet. Er bewirkt aber, daß es sehr spröde ist und beim Schmieden zerspringt. Alles Eisen, das nicht als Gußware in den Handel kommen soll, wird darum nachträglich entkohlt. Wird ihm der Kohlenstoff bis auf ungefähr ein halbes Prozent genommen, so heißt das Produkt Schmiedeeisen. Es ist sehr schwer schmelzbar und läßt sich nicht härten. Wird ihm nachträglich Kohlenstoff in Form von Roheisen oder sonstwie beigefügt oder wird dem ursprünglichen Roheisen noch ungefähr 2% Kohle gelassen, so nennt man es Stahl. Dieser ist leichter schmelzbar als Schmiedeeisen, läßt sich schmieden und schweißen und kann durch Erhitzen und nachheriges rasches Abkühlen gehärtet werden. Die Härtebarkeit wird außer durch Kohlenstoff auch durch einen kleinen Gehalt an Mangan, Chrom oder Wolfram-Metall bewirkt. Diese Sorten nennt man dann Chromstahl, Wolframstahl u. s. w.

Um aus dem Roheisen den Kohlenstoff herauszuholen, sind viele Mittel erfunden worden. Am einfachsten wendet man als Entkohlungsmittel die Luft an. Wenn man Roheisen auf einer gut ziehenden Esse einschmilzt und Luft darauf blasen läßt, so verbrennt die Kohle teilweise. Das Verfahren nennt man Frischprozeß. Wird das Roheisen in einem Flammofen oder besser noch in einem Generator-Gasofen geschmolzen und mit Stangen beständig durchgerührt und durchgeknetet, so wird ebenfalls die Kohle verbrannt. Man nennt dies den Puddelprozeß. Wird

das flüssige Roheisen in ein birnförmiges Gefäß gefüllt und Luft hindurchgeblasen, bis das Eisen selber zu brennen anfängt, so erhält man Bessmereisen. Indem man kleinere Gußstücke in gepulvertes Eisenoxyd verpackt und das Ganze in einer eisernen Kiste einige Tage lang glüht, verbrennt Kohle mit dem Oxydsauerstoff und es entsteht der schmiedbare Guß. Wird umgekehrt Schmiedeseisen in Form von dünnen Stäben in gepulverter Holzkohle geglüht, so wird der Kohlenstoffgehalt der Oberfläche angereichert. Indem man die Stäbe ab und zu zusammenschweißt, wieder in Stäbe formt und wieder mit Kohle glüht, erhält man den sehr geschätzten Cementstahl. Um ihn durch und durch gleichmäßig zu machen, wird er in großen Tiegeln geschmolzen und heißt dann Tiegelgußstahl. Durch Verschmelzen von Roheisen mit oxydischen Erzen tritt ebenfalls Entkohlung ein; ebenso wird der Prozentgehalt herabgesetzt, wenn kohlenarmes und kohlenreiches Material zusammengeschmolzen werden, z. B. Roheisen und Schmiedeeisenabfälle.

Sehr schädlich ist der Phosphorgehalt der Erze. Er geht im Hochofen nicht verloren und gelangt so durch das Roheisen in die schmiedbaren Sorten. Diese werden aber dadurch brüchig und minderwertig. Erst seit wenigen Jahrzehnten kann man ihn entfernen, indem man die Bessmer-Birne oder die Sohle der Flammöfen mit Kalkstein auskleidet. Dieser verbindet sich mit dem Phosphor unter Beihilfe der Luft zu phosphorsaurem Kalk. Das Verfahren ist nach seinem Erfinder das Thomasverfahren genannt worden. Der Belag wird aus der Birne herausgeschlagen und heißt Thomasschlacke. In gemahlenem Zustand kommt dieselbe als wertvolles Düngemittel in den Handel.

Die vielseitige Brauchbarkeit des Eisens und Stahls bedingt eine ungeheure Jahresproduktion, die immer noch im Steigen begriffen ist. Noch im Jahr 1876 betrug sie 14,3 Millionen t. Im Jahre 1882 waren es 20 Millionen, 1890 gar 26 Millionen. Kein Metall weist so riesige Ziffern auf, keines so ungeheure Zunahme. Keines aber zeigt auch die gewerbliche Regsamkeit der Gegenwart so unzweideutig.

Produktion von Roheisen in Tonnen in den Jahren
1894—1898.

	1894	1895	1896	1897	1898
Belgien	810940	829135	932780	1024666	982748
Kanada	45327	38434	42164	41500	42250
Deutschland	5559322	5788798	6360982	6888087	7402717
Franreich	2077647	3005889	2333702	2472143	2534427
Großbritannien	7364745	8022006	8700220	8930086	8769249
Italien	10329	10500	11280	12500	12850
Österreich-Ungarn	1054520	1075000	1130000	1205000	1250000
Rußland	1312760	1454298	1629810	1857000	2228850
Schweden	459132	455200	466400	533800	510550
Spanien	260000	206430	246326	282171	261799
Vereinigte Staaten	6050000	9597449	8761197	9807123	11962317
Die übrigen Länder	350000	375000	395000	450000	545000
Zusammen	26058970	29858439	31009831	33505076	36507487

In Deutschland wurden im Jahr 1897 Eisenerze in einer Gesamtmenge von 15 466 000 t im Wert von 60 088 000 Mark gefördert. In 109 Werken waren insgesamt 242 Hochöfen im Betrieb. Hierbei wurden 30 459 Arbeiter beschäftigt und für 279 862 000 Mark Roheisen gewonnen.

Zink.

Die Härte des Zinks ist geringer als die des Kupfers. Mit der Feile läßt es sich nur schwer bearbeiten, weil es die Zähne der Werkzeuge „verschmiert“. In trockener Luft behält es seinen Glanz lange Zeit unverändert, in feuchter dagegen läuft es schnell an. Weil die Rostschicht sehr dicht aufliegt, schützt sie das Metall vor weiterer Zerstörung. Wird Zink über seinen Schmelzpunkt erhitzt, so entzündet es sich und verbrennt mit blaugrüner Flamme zu weißem Zinkoxyd. Bei der Schmelzwärme des Silbers (1050°) verwandelt es sich in Dampf und läßt sich somit destillieren. Von allen Säuren und Laugen wird es leicht angegriffen, namentlich wenn es in metallischer Berührung mit Eisen steht. Umgekehrt schützt es das Eisen gegen Oxydation, wenn es als dünne Hülle darum liegt. Man verzinkt darum eiserne Gegenstände, welche den Einflüssen der Witterung ausgesetzt werden sollen.

Schwefel, Arsen, Antimon, Chlor, Phosphor und Kohlensäure wirken leicht auf Zink ein, namentlich bei höherer Temperatur. Aus diesem Grund findet man es auch niemals gediegen in der Natur vor. Seine Erze sind der Galmei (Zinkspat) oder kohlen-saures Zink, der Kieselgalmei oder Kieselzinkerz und die Zinkblende. Dazu kommt noch für Nordamerika das Rotzinkerz und der Franklinit, beide der Zusammensetzung nach Zinkoxyd, der letztere daneben auch Eisen und Mangan enthaltend. Die Zinkblende, auch schlechtweg Blende genannt, ist Schwefelzink. Lange wußte man sie nicht zu verwerten und warf sie, wenn sie mit Bleierz gefördert wurde, unbenußt auf die Schutthalden. Millionen von Centnern liegen seit Jahrhunderten vor den Eingängen alter Bergwerke. Außer den genannten Mineralien kommen noch für die Zinkverhüttung zinkische Abfallprodukte der Eisen-, Kupfer- und Bleiwerke in Betracht.

Die Verarbeitung erfolgt stets auf trockenem Wege durch Feuer. Alle Versuche, elektrolytisch Zink zu gewinnen, haben sich bis jetzt noch nicht allgemein bewährt. Beim Ausschmelzen handelt es sich immer darum, aus dem Erz Zinkoxyd zu erhalten; dies wird mit Kohle gemischt und der Destillation unterworfen. Hierbei nimmt die Kohle den Sauerstoffgehalt des Oxydes an sich. Das Kieselzinkerz kann direkt für sich oder besser unter Zusatz von etwas Kalk verarbeitet werden. Der Galmei dagegen wird vorher durch Rösten seines Kohlen säuregehaltes beraubt. Große Schwierigkeiten macht die Blende. Beim Rösten wird, ähnlich wie wir beim Bleiglanz sahen, leicht statt des Oxydes das Sulfat erhalten. Zinksulfat wird aber bei der nachherigen Reduktion mit Kohle wieder zu Schwefelzink, welches sich nicht weiter reduzieren läßt. Hierdurch sind bedeutende Verluste bedingt. Das Abrösten muß darum mit größter Vorsicht geschehen. Man besorgt es mit einer Art Fortschauelfungsöfen, wobei das Erz immer näher an die Feuerstelle gerückt wird. Die Schwefligsäure, welche nebenbei entsteht, wird auf Schwefelsäure verarbeitet.

Das Röstgut besteht also wesentlich aus Zinkoxyd. Die Reduktion wird in Röhren und Muffeln vorgenommen, welche in große Destilliröfen eingesetzt sind. Die Metalldämpfe werden in thönernen Vorlagen verdichtet. Sie dürfen nicht mit den Heizungsgasen in Berührung kommen, weil diese sofort das Zink wieder oxydieren würden. Trotz aller Vorsichtsmaßregeln geschieht es aber doch, namentlich im Anfang der Destillation. So lange die Vorlagen noch kalt sind, verdichtet sich der Dampf gleich zu festem pulverigem Zink, welches als Zinkstaub in den Handel kommt. Später ist der Inhalt der Vorlagen flüssig. Das Metall wird von Zeit zu Zeit herausgeschöpft und heißt Roh- oder Werkzink. Es enthält stets Blei und Eisen. Zum Zweck der Reinigung wird es mehrere Tage lang geschmolzen erhalten und ruhig stehen gelassen. Hierbei sinkt das schwerere Blei und Eisen zu Boden, während sonstige Metalle an der Oberfläche oxydiert werden. Es bildet sich die Zinkasche, welche man abschäumt. Das reine Zink wird vom Bodenzink abgeschöpft.

Mit den ersten Zinkdämpfen, die aus der Muffel entweichen, destilliert ein Metall über, das man nur im Zinkerz gefunden hat und das ziemlich selten ist. Man hat es Cadmium genannt. Seine Legierungen haben sämtlich auffallend

niedere Schmelzpunkte und werden technisch verwendet. Die Schwefelverbindung besitzt eine leuchtend gelbe Farbe und ist als Malerfarbe sehr geschätzt.

Das Verfahren, Zink zu gewinnen, ist heute noch das gleiche wie vor hundert Jahren. Keine wesentlichen Verbesserungen sind aufgekomen, so sehr dieselben im Interesse der Fabrikanten und der Arbeiter liegen würden. Die Destilliermuffeln und Vorlagen sind aus feuerfestem Thon und darum ziemlich zerbrechlich. Um sie zu erhitzen, ist eine große Wärmemenge nötig. In der Muffel bleiben beträchtliche Zinkrückstände, außerdem geht viel Dampf verloren. In einzelnen Fällen hat man den Gesamtverlust auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des ursprünglichen Erzgehaltes berechnet. Die Gesundheit der Arbeiter läßt auf allen Zinkwerken sehr viel zu wünschen übrig. Wenn man auch die Schwefligsäure, die früher ins Freie geleitet wurde und die ganze Umgegend vergiftete, heute zu verwerten weiß, so entweicht immer noch ein großer Teil davon. Auch die Zinkdämpfe, die nicht verdichtet werden, werden eingeatmet. Häufig sind noch Arsendämpfe dabei. Sehr schädlich ist ferner der Zinkstaub, der aus der Vorlage herausgekratzt werden muß. Um gegen Rauch und Staub einigermaßen zu schützen, ist für kräftigen Luftzug gesorgt. Dies hat zur notwendigen Folge, daß die Arbeiter, die an den glühenden Röst- und Destillieröfen zu thun haben, häufigen Erkältungen und Katarren ausgesetzt sind. Die Krankheit äußert sich ferner durch Verdauungsstörungen, graue Hautfarbe und nach wenig Jahren schon durch Rückenmarksleiden. Bis jetzt kennt man leider noch gar nichts, um diese Mißstände zu vermeiden.

Die Verwendung des Zinks steigt immer mehr. Man macht aus ihm Blech, das man zu Haushaltungsgeräten aller Art, zum Decken der Häuser, für Verblendungen und Verzierungen reichlich gebraucht. Indem man auf dickes Blech Zeichnungen einätzt, erhält man Druckplatten für zinkographischeervielfältigung. Die galvanische Elektrizität wird größtenteils mit Zink gewonnen. Sehr große Mengen braucht man für Legierungen wie Messing, Neusilber und Argentan.

Nachstehende Tabelle giebt Auskunft über die Weltproduktion in den Jahren 1893—1898. Die Zahlen bedeuten Tonnen von 1000 kg.

	1893	1894	1895	1896	1897	1898
Belgien	95 665	97 041	107 664	113 361	116 067	—
Deutschland . . .	142 956	143 577	150 286	153 100	150 739	152 506
Frankreich	22 419	23 387	24 200	45 585	38 067	24 149
Großbritannien aus engl. Erz	9 585	8 260	6 760	7 224	7 162	27 625
Großbritannien aus fremd. Erz	19 244	24 318	23 207	18 054	16 643	—
Österreich	5 870	6 810	6 456	6 888	6 236	7 229
Rußland	4 522	5 014	5 029	6 264	5 852	5 664
Spanien	5 752	5 100	5 845	6 133	6 244	8 500
Verein. Staaten	69 159	67 135	74 245	70 432	91 070	103 514

Das Zink ist eines der wenigen Metalle, die vorwiegend in Europa gewonnen werden. Im Altertum war es nur in Form seiner Kupferlegierung als Messing bekannt. Wegen seiner Ähnlichkeit mit Gold war das Messing hoch geschätzt und wurde zu Trinkbechern und Schmuckwaren verarbeitet. Seine Entdecker sind wahrscheinlich asiatische Völker gewesen, vielleicht die Inder, die es durch einen Zufall kennen gelernt haben mögen. Nach Angaben des römischen Schriftstellers Plinius erhielt man gelbes Kupfer, wenn man dem Kupfererz die staubartige oder steinige Kruste zusetzte, welche sich am obersten Rand der Eisen-Schmelzöfen zu bilden pflegte. Diese Kruste nennt man jetzt Dfenbruch und weiß genau, wie sie sich bildet: sie entsteht, wenn zinkhaltiges Eisenerz verschmolzen wird, indem Zink verdampft und als Dxyd sich an den kältesten Theilen des Ofens ansetzt. Außer dem Dfenbruch verwendeten aber einige Volksstämme auch gewisse Erddarten, die sie mit dem Kupfererz vermischten. Unter dieser Erde ist jedenfalls Galmei zu verstehen. Den Namen Messing braucht zuerst der Alchemist Basilius Valentinus. Schwerlich jedoch hat man damals schon das Messing im Großen dargestellt. In Kärnthen besteht nachweislich der Bergbau auf Galmei am längsten in Europa. Im 16. Jahrhundert wurde das erste Messingwerk am Harz errichtet.

Daß in dem Dfenbruch ein eigentümliches Metall stecke, sprach zuerst Paracelsus aus. Nach dem zackigen Ansehen nannte er den Bruch Zinken, woraus der heutige Name des Metalls entstand. Die Chinesen sollen das Zink schon viel früher gekannt haben; aber erst in der Mitte des 16. Jahrhunderts

kam es nach Europa. Im Jahre 1725 wurde es erstmals in Europa gewonnen und sechs Jahre später in England die erste Zinkfabrik errichtet. Seit Anfang des 19. Jahrhunderts erst wird in Kärnten, Ober-Schlesien und an der belgisch-deutschen Grenze Zink dargestellt. Erst in den fünfziger Jahren wurde von einem Deutschen in Wisconsin die erste Zinkhütte Nordamerikas erbaut. Wegen seiner geringen Festigkeit — ein Streifen Walzzink von einem Quadratmillimeter Querschnitt zerreißt schon bei einer Belastung von 19 kg, Blei allerdings schon bei 5 kg — und seiner Sprödigkeit wurde es anfangs wenig geschätzt. Erst als 1805 die Entdeckung gemacht wurde, daß es beim Erhitzen auf 100° dehnbar wird und sich zu Blech auswalzen läßt, schenkte man ihm mehr Beachtung. Man lernte seine leichte Schmelzbarkeit (412°) schätzen, die es mit dem Blei gemeinsam hat, ohne dessen hohes Gewicht zu besitzen. Durch seine Verwendung in der Elektrizität ist sein Wert immer mehr gestiegen. Im Lauf des Jahres 1899 sind die Zinkpreise um 91% in die Höhe gegangen.

Nickel.

Die Arbeitsmethoden der Hüttenkunst sind bis in dieses Jahrhundert hinein fast genau dieselben geblieben, wie vor vielen Jahrtausenden. Die zahlreichen Anregungen, welche sie anderen Zweigen der Naturwissenschaft gegeben hat, scheinen von ihr selber kaum berücksichtigt zu sein. Dieser Stillstand ist jedoch nur ein scheinbarer. Man lernte die Wärme besser ausnutzen, indem man die Schmelzöfen höher baute; zugleich vermehrte man dabei den Luftzug und konnte Erze ausschmelzen, die man früher als zu wenig rein weggeräumt hatte. Man erkannte die Wichtigkeit der Schlacken für den Schmelzprozeß selber und für die Güte des Metalls. Wenn es nun nicht gelingen wollte, Erze von fremdartiger Beschaffenheit zu verhütten, so war nicht die Hüttenkunst selber Schuld am Mißlingen, sondern ihre grundlegende Wissenschaft, die Chemie. In der langen Zeit des alchemistischen Strebens lernte man zahlreiche Eigenschaften der bekannten Metalle ausnützen, während man neue Metalle nicht zu erkennen vermochte. Die Erze, welche die Bergleute förderten, wußte man nicht zu verwerten, wenn sie anders zusammengesetzt waren als die, welche man täglich unter die Finger bekam. Kaum 120 Jahre sind verflossen, daß zum erstenmal eine richtige Erklärung über das Wesen der Verbrennung gegeben wurde. Seit nunmehr einem Jahrhundert kennt man das Grundgesetz, daß bei chemischen Vorgängen der gesamte Stoff erhalten bleibt, daß kein Stoff aus der Welt verschwinden und nichts aus nichts entstehen kann. Ein halbes Jahrhundert ist es sogar erst, seit Rob. Mayer das Naturgesetz erkannte, daß keine Kraftäußerung bei chemischen und physikalischen Vorgängen vernichtet wird, sondern bloß in anderer Form als Licht, Wärme, Elektrizität sich wieder zeigt. Trotz der langen Hüttenpraxis sind darum den Chemikern

Stoffe verborgen geblieben, deren Nichtkenntnis heute als Mangel an Bildung oder gar noch schlimmeres ausgelegt werden würde. Das Nickel, aus dem die Scheidemünzen verschiedener europäischer Staaten gefertigt sind, aus dem uns unzählige Gebrauchsgegenstände täglich zu Gesicht kommen, ist erst vor 150 Jahren dargestellt und als ein selbständiges Metall anerkannt worden. Die erste Nickelhütte Europas stammt sogar erst von 1824.

Sächsishe Bergleute fanden häufig auf Kupfer- und Silbergruben ein schönes Erz von licht kupferroter Farbe, aus dem sie vergeblich Kupfer auszuschmelzen suchten. So in ihren Erwartungen oftmals getäuscht, räumten sie das Erz beiseite und schimpften es KupfERNickel. Heute nennt man es Rotnickelkies; das Metall darin hat den Schimpfnamen der Bergleute behalten. Es hat ihn aber in einen Ehrennamen verwandelt. Denn nicht nur, daß Kochgeschirr und Haushaltungsgeräte aller Art aus Nickel gemacht sind: man überzieht auch andere Metalle mit ihm und sucht ihnen die äußeren und inneren Eigenschaften des Nickels zu verleihen. Durch Plattieren mit dünnem Blech oder durch galvanischen Nickelüberzug sucht man Messing- und Eisengegenständen die Widerstandsfähigkeit gegen Luft, den langandauernden Glanz und die schöne Farbe geben. Besonders aber zu Legierungen wird es verwendet: mit 75 % Kupfer zu Münzmetall und Weißkupfer, mit Zink und Kupfer zu Neusilber und Nickelbronze, mit Eisen zu Nickelstahl. Die Produktion geschieht hauptsächlich in Deutschland, welches die Hälfte alles Nickels liefert. Die andere Hälfte kommt aus Nordamerika, Oesterreich, Brasilien, Frankreich und Belgien. Im Jahre 1897 wurden 5000 Tonnen in den Verkehr gebracht. Das Erz für das französische Nickel wird nicht im Land selber gegraben, sondern stammt aus Neufaledonien.

Die Erze sind teils Verbindungen mit Schwefel (Nickelkies), teils mit Arsen und Antimon (Rot- und Weißnickelkies, Nickelglanz, Eisennickelkies, Antimonnickel). Das neufaledonische Erz heißt Garniërit und ist kieselsaures Nickel. Nur ganz ausnahmsweise ist das Nickel als einziges Metall im Erz enthalten. So gut wie immer ist gleichzeitig Eisen und Kupfer zugegen. Oft sind sie in solcher Menge vorhanden, daß man die Erze auf Nichteisen und Reinkupfer verarbeitet; aus den Abfällen

der Kupferwerke stellt man dann das reine Nickel dar. Meistens ist auch Wismut in der Gesellschaft, ein Metall, das mit dem Zinn eine gewisse Ähnlichkeit besitzt und zu verschiedenen Legierungen gebraucht wird.

Räumlich zusammen mit den Nickelerzen des sächsisch-böhmischen Erzgebirges kommt sehr häufig ein metallglänzendes Erz von grauer und weißer Farbe vor, welches die Eigenschaft besitzt, Glasflüsse blau zu färben. Man kennt es schon seit dem 15. Jahrhundert. Bei seinem großen Gewicht und dem unverkennbar metallischen Aussehen erwarteten die Bergleute, ein Metall daraus ausschmelzen zu können. Dies gelang ihnen aber nicht und sie betrachteten darum das Erz als das Erzeugnis böser Berggeister. Unter dem Namen Kobold wird es von Basilius Valentinus, Paracelsus und Agricola beschrieben; jetzt führt es allgemein den Namen Kobalterz. Nur selten stellt man daraus das metallische Kobalt dar. Durch Rösten gewinnt man daraus ein Oxyd. Dies schmelzt man in den Blaufarbwerken mit Pottasche und Sand zusammen und erhält dabei blaues Glas. Die Schmelze führt den Namen Smalte oder Safflor (Zaffer) und wird verwendet zum Färben von Krystall- und Tafelglas, ferner in der Porzellan- und Glasmalerei, zum Färben des Emails, sowie zum Bläuen der Wäsche und des Papiers. Ziemlich viel wird als Streublau (Streusand) in den Handel gebracht. In den letzten Jahren wird Smalte nur wenig mehr zum Bläuen verwendet, weil man in dem künstlichen Ultramarin einen billigeren Ersatz gefunden hat.

Auch das Kobalt ist also mit Wismut, Eisen und Kupfer in den Nickelerzen enthalten. Reines Nickel daraus abzuscheiden ist außerordentlich umständlich und langwierig. Nachdem die Erze gut geröstet sind, werden sie unter Schlackenbildung verschmolzen. Die geschwefelten Erze liefern dabei einen Nickelstein; aus den Arsenverbindungen entsteht die Speise. Stein und Speise werden durch wiederholtes Abrösten und Verschmelzen mit passenden Zuschlägen angereichert. Dann stellt man die Nickelsauerstoffverbindung aus ihnen her. Entweder werden sie zu diesem Zweck totgeröstet, mit Soda und Salpeter verschmolzen und ein Teil der fremden Bestandteile ausgelaugt; oder sie werden in Salzsäure gelöst. Aus der Lösung fällt man dann mit Schwefelwasserstoffgas das Kupfer, mit Chlorkalk und Kalkstein das Eisen; endlich wird dann auch die Nickelverbindung

ausgeschieden. Soll daraus „Pulvernickel“ erzeugt werden, so wird sie mit Holzkohle in einem Tiegel eingestampft und geglüht. Ist dagegen „Würfelnickel“ geplant, so wird sie mit Zuckersyrup, Mehlteig und ähnlichen organischen Stoffen zu einem Kuchen ausgeformt und in Würfel von einem Centimeter Seitenlänge zerschnitten. Diese werden dann in senkrecht stehende Thonröhren eingefüllt und geglüht. Die Kohle entzieht den Sauerstoff und das reine Metall bleibt übrig. Wird das Glühen zu lange fortgesetzt, so vollzieht sich ein ähnlicher Vorgang wie beim Eisen: das Nickel nimmt Kohlenstoff in sich auf, wird dadurch leichter schmelzbar und heißt Gußnickel.

Reines Nickel ist silberweiß und hat starken Metallglanz. Sein Gewicht ist dasselbe wie das des Kupfers, sein Schmelzpunkt (1400°) liegt 250° höher als der des Gußeisens. Härte und Festigkeit sind größer als beim Eisen. Infolge seiner Dehnbarkeit läßt es sich zu Draht und Blech aushämmern, wenn es in kohlenstofffreiem Zustand bearbeitet wird. Beim Schmelzen nimmt es leicht Sauerstoff in sich auf und verbindet sich mit ihm und ist dann zum Verarbeiten wenig geeignet, ähnlich wie das Garkupfer. Durch Zusatz von geringen Mengen Magnesium oder von Mangan wird jedoch die Oxydation wieder aufgehoben. Gegen Säuren ist Nickel widerstandsfähiger wie Eisen. Da seine Salze giftig sind, allerdings weniger wie Kupfersalze, so ist beim Gebrauch von Nickelgeschirr immer Vorsicht zu empfehlen. Wenn auch Versuche festgestellt haben, daß selbst bei mehrtägigem Stehen mit verdünnten Säuren nur wenig Metall in Lösung geht, ist doch das längere Aufbewahren von Speisen in solchen Gefäßen entschieden bedenklich. Dasselbe gilt für nickelplattiertes Geschirr.

Im Nickel begegnet uns ein Metall, das in seinem Verhalten unbedingt an das Eisen erinnert. Der Grad der Schmelzbarkeit nimmt mit dem Kohlenstoff zu, die Schmiedbarkeit im gleichen Verhältnis ab. In weißglühendem Zustand lassen sich Nickel und Eisen ohne weiteres zusammenschweißen. Nickelplattiertes Eisenblech läßt sich sogar, ohne das eine Trennung zwischen den Metallen eintritt, bis auf die dünnsten Sorten auswalzen. Auch das natürliche Vorkommen spricht dafür, daß zwischen beiden gewisse enge Beziehungen bestehen.

Es giebt kein Nickelerz, das frei von Eisen ist; umgekehrt enthalten alle arsen- und schwefelhaltigen Eisenerze auch Nickel. Das meteorische Eisen, das bisweilen gefunden wird, ist ebenfalls stark nickelhaltig. Beide Metalle gleichen sich in physikalischer Hinsicht darin, daß sie magnetisch gemacht werden können. Mit Säuren bilden Eisen und Nickel ganz entsprechende Salze. Auch das Kobalt, von dem vorhin kurz die Rede war, gehört unbedingt in die Gesellschaft des Eisens, da es ebenfalls magnetisch wird und die gleichen Eigentümlichkeiten im Schmelzen und Schweißen besitzt wie die beiden anderen.

Binn.

Vulkanische Thätigkeit als solche läßt sich nur dann beobachten, wenn sie sich an der Erdoberfläche vollzieht. Die Ergußmasse oder Lava tritt an das Tageslicht und ruft dort ihre aufbauend-zerstörende Wirkung hervor. Nicht immer durchbricht sie aber die ganze Erdrinde. Der Druck, welcher die glutflüssige Masse herauspreßt, kann unter Umständen schon ausgeglichen sein, wenn erst ein Teil der Rinde durchsetzt war. Dann erstarrt der Schmelzfluß langsam in der Tiefe und man nennt ihn je nach seiner chemischen Zusammensetzung oder nach Ausbildung seiner Mineralien einen Porphyrgang, Granit-, Diorit-, Trachytgang, Basalt u. s. w. Diese Ergußgesteine müssen in flüssigem Zustand alle diejenigen Gase und Dämpfe gelöst enthalten haben, die bei den Oberflächenvulkanen entweichen: Schwefelwasserstoff, Schwefligsäure, Borsäure, Fluorverbindungen, Kohlensäure, Wasserdampf. Theils sind dieselben im Schmelzfluß geblieben, weil der Druck der überlagernden Felsmassen sie nicht entweichen ließ, theils aber haben sie das angrenzende Gestein, den harten Fels, mit ihrer Substanz durchtränkt. Dabei sind durch Neubildung Mineralien entstanden, die sich ohne weiteres nicht mehr in Dampf verwandeln lassen und auch in Wasser sich nicht erheblich lösen.

Veranlassung, diese Theorie aufzustellen, bot das eigenthümliche Vorkommen von Zinnstein in einer Gruppe von Mineralien, die geradezu als Zinnerzminerale bezeichnet worden sind. Einige davon, theils technisch wichtig, theils theoretisch interessant, sind der Topas, Turmalin, Apatit, Lithionglimmer, Flußspat, Wolframit. Das Grundgestein, in dem sie sich finden, ist stets granitartig. Gewöhnlich sind auch noch Schwefelmetalle in ihrer Gesellschaft. Oft sind schmale, vom Granit ausstrahlende Gänge von ihnen erfüllt, oft ist das ganze Gestein von ihnen durchdrungen. Das fließende Wasser, vielleicht auch unterirdische

Kräfte, haben die Felspartien dem Menschen zugänglich gemacht. Wo solche zinnführenden Gesteine verwittern, muß naturgemäß der Sand und das Gerölle zinnhaltig sein. So entstanden die „Zinnseifen“. Sie enthalten viele der Zinnminerale und liefern das meiste Material für das Handelsmetall.

Bloß der Zinnstein wird hüttenmännisch ausgebeutet. Es ist Zinnoxyd mit 78,6 % Metallgehalt. Auf seiner ursprünglichen Lagerstätte heißt er Bergzinnerz, andernfalls Seifenzinn. Das Erz der ersten Abkunft enthält oft nur $\frac{1}{2}$ Prozent Zinn und ist dann nicht mehr abbauwürdig; das letztere dagegen bildet lose Körner von großer Reinheit.

Raum ein Metall findet man an so wenig Orten auf der Erde, wie gerade das Zinn. Nur drei Gebiete sind es: das böhmisch-sächsisches Erzgebirge mit den Hauptstellen Zinnwald, Altenberg und Schackenwald; ferner die Halbinsel Cornwall, die Südwestecke Englands; endlich ein langgestreckter und sehr reicher Zug, welcher sich vom ostasiatischen Festland über Hinterindien, die Halbinsel Malakka, die benachbarten Inseln Banka und Billiton unter dem indischen Ozean hindurch nach den Küstengebirgen Südaustraliens und Tasmaniens erstreckt. Ganz untergeordnet kommt dazu noch als viertes Fundgebiet Bolivia; früher wurde auch in Spanien etwas Zinnerz gegraben. Im asiatisch-australischen Zug kann man sich noch auf eine Reihe von Jahren hinaus mit dem Abbau der Seifen begnügen. Die englischen Gruben wie auch die des Erzgebirges sind dagegen schon in bedeutende Tiefen gekommen. An einzelnen Stellen hört darum bereits der Bergbau auf, lohnend zu sein.

Freilich sind die europäischen Gruben auch schon sehr lange in Betrieb. Aus englischem Zinn machten schon in vorgeschichtlicher Zeit die Gallier Münzen und Bronzegeräte. Später holten es dort die Phöniciier. Während der römischen Weltherrschaft war Marseille der Hauptstapelplatz, von wo aus es nach allen Teilen des Reiches vertrieben wurde. Im 12. Jahrhundert lernte man das Zinn des Erzgebirges kennen. Nach drei Jahrhunderten ging aber der Ertrag schon wieder langsam zurück. Nunmehr behielt das englische Metall ununterbrochen die Vorherrschaft, bis im 18. und 19. Jahrhundert die Seifen von Banka, später von Malakka und Billiton bekannt wurden. Erst vor etwa dreißig Jahren entdeckte man

die Erze im Schwemmland von Victoria, Neu-Südwaies, Queensland und noch später auf Tasmanien.

Wahrscheinlich verdanken die europäischen Völker die Kenntnis des Zinns den uralten Kulturstaaten Ostasiens. Schon vor viertausend Jahren fertigten die Chinesen Bronze daraus und gossen allerhand Gerätschaften. Sie sollen in jener fernen Zeit schon Haushaltungsgegenstände verzinnt haben, eine Kunst, die erst vor 300 Jahren in Europa neu entdeckt wurde. Das Erz bezogen die Chinesen vermutlich aus den Schwemmländern Hinterindiens. Das viel unreinere Bergzinn hat man wohl vermutlich erst viele Jahrhunderte später kennen gelernt.

Wahrscheinlich vermittelten die Chinesen das Zinn auch an die innerasiatischen Stämme. Verbesserte Heizungstechnik ließ aber einen brauchbaren und billigen Ersatz für die Bronze im Eisen aufkommen. Die Bronzeindustrie ging zurück und blühte erst Jahrtausende später wieder auf, als man Kirchenglocken und Kanonen goß. Zinn verwendete man jetzt vielfach für Tafelgeräte und als Spiegelbelag. Man lernte Eisen verzinnen und dadurch widerstandsfähiger gegen die Witterung machen. Durch Zusatz von Zinnoxyd zu Glasfäßen erhielt man Glasuren für Thonwaren und das Email für Metallgeräte. Mit Zinnsalzen schlug man den Cochenille-Farbstoff auf der Gespinnstfaser waschecht nieder. Die chemische Industrie kann jetzt das Zinn nicht mehr entbehren. Als Gebrauchsgegenstand dagegen ist es sehr abgekommen. Die Mode hat an die Stelle der zinnernen Teller und Maßkrüge PorzellanGeschirr, Thon- und Glasgefäße und neuerdings Aluminiumgerätschaften gesetzt. Die meisten Spiegel erhalten an Stelle des Zinnbelags einen dünnen Silberüberzug. Das moderne Kanonenmetall ist der Gußstahl. Hierdurch und infolge der zunehmenden Produktion ist der Zinnpreis gedrückt. Der Preis war im Jahr 1897 ungefähr 1,30 Mark für das Kilogramm.

Der Abbau in Deutschland ist nur noch wenig lohnend. Die aus Seisenzinn gewonnenen Metallsorten sind im allgemeinen die besseren und werden auch etwas besser bezahlt. Die Gesamtmenge für das Jahr 1890 wird auf ungefähr 60 000 t angegeben. Im Jahr 1897 betrug sie 76 000 t. Es lieferten:

	1894		1895		1896		1897	
	t	im Wert von Mark						
Deutschland	896	1 087 216	884	1 065 168	826	952 668	929	1 151 316
Osterreich	80	155 248	60	97 028	54	73 040	48	67 224
England ..	8 461	12 090 000	6 755	8 935 600	4 915	5 153 560	4 524	5 826 720
Portugal..	26	—	3	—	6	—	1	—
Rußland ..	4	5 760	21	20 272	2	1 904	—	—
Bolivia...	3 538	—	4 166	—	4 104	—	5 594	—
Mexiko ...	42	—	39	—	5	—	1	—
Japan....	39	—	48	—	50	—	—	—
Malakka, Banka, Billiton, Singep ..	61 892	—	64 940	—	66 779	—	60 669	—
Australien.	2 653	3 588 900	2 235	2 721 600	1 737	1 984 240	1 047	1 413 760
Tasmanien	3 195	5 392 600	4 265	5 205 400	4 759	5 309 476	3 281	3 997 360

Reines Zinn besitzt eine silberähnliche gelbweiße Farbe und starken Glanz, der sich an der Luft und im Wasser nur wenig ändert. Beim Gebrauch, aber nützt es sich rasch ab, weil das Metall sehr weich ist. Die Härte ist etwas größer als die des Bleies, das Gewicht ist ähnlich dem des Zinks. Infolge seiner großen Dehnbarkeit läßt es sich zu dünnem Blech auswalzen, das man Stanniol nennt (von stannum, dem spätlateinischen Namen des Zinns). Die Festigkeit ist sehr gering; ein Draht von 1 mm Querschnitt reißt schon bei 4—5 kg Belastung. Bei 230° schmilzt es und oxydiert sich an der Oberfläche. Gegossenes Zinn verrät auf seiner Bruchfläche Krystallgefüge; beim Anätzen zeigt es dementsprechend eine eisblumenartige Zeichnung. Beim Biegen knirscht es und wird warm, weil sich die Krystalle aneinander reiben. Eine auffallende Eigentümlichkeit hat man am reinen Zinn beobachtet: es zerfällt bei großer Kälte und ohne sonstige Veranlassung zu einem grauen Pulver. Durch Hitze läßt sich dasselbe ohne weiteres wieder zum gewöhnlichen Zinn zusammenschmelzen. In starken und schwachen Säuren löst es sich leicht auf, doch wird es auch von Laugen unter Salzbildung angegriffen. Diese Eigenschaft ist nun bei einem Metall sehr merkwürdig. Sie verrät, daß das Zinn mit den Edelmetallen sehr wenig mehr zu thun hat, daß es dagegen den Nichtmetallen Arsen und Antimon sich bis zu einem gewissen Grad nähert. Auch

durch seine sonstigen chemischen Eigenschaften wird dies bewiesen.

Der Zinnstein ist ein hellbraunes bis schwarzes Mineral von glasartigem Aussehen und hohem Gewicht. Ihn auszuschmelzen ist außerordentlich einfach, sobald man nur erst das reine Erz hat. Die Schwierigkeit besteht darin, daß das Erz gewöhnlich mit vielem Gestein und mit Schwefelmetallen vermischt ist.

Das Gestein ist schädlich, weil Zinn sich äußerst leicht in sauren und alkalischen Schlacken löst. Beim Reduktionsvorgang werden auch die fremden Metalle abgeschieden und sind dann kaum wieder aus dem Zinn zu entfernen. Ehe es geschmolzen wird, entfernt man darum das Gestein so gut wie möglich, indem man das Erz fein pulvert und schlämmt. Um das Pochen zu erleichtern, zugleich auch, um Arsen und Antimon zu verflüchtigen, wird das Bergzinnerz vorher mürbe gebrannt. Nachdem das

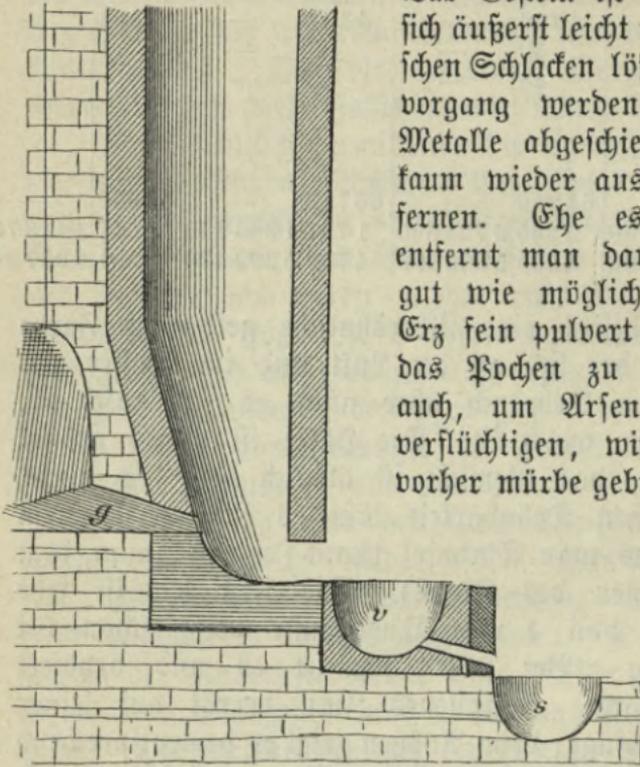


Fig. 14.

Zinn-Schachtofen mit Vorherd *v* und Abstichtiegel *s*, *g* Gebläse.

Schlammern mehrfach wiederholt wurde, übergießt man den Rückstand mit Salzsäure. Hierbei löst sich alles auf, außer Sand und Zinnstein. War in dem Erz Wolframit enthalten, so sucht man daraus das Wolfram zu gewinnen. Dies ist ein Metall, das für gewisse Stahlorten als ein sehr geschätzter Zusatz verwendet wird. Wolframit ist gegenwärtig im Erzgebirge wertvoller als Zinnstein. Man schmilzt das Erzpulver mit Soda und erhält dadurch wolframsaures Natron. Dies laugt man mit Wasser aus.

Ist endlich der Rückstand auf 50—70% Zinn angereichert, so wird er mit Steinkohle in einem Schachtofen oder Flammo-fen verschmolzen (Fig. 14). Hierbei dient die Kohle als Brenn-

Das Gestein ist schädlich, weil Zinn sich äußerst leicht in sauren und alkalischen Schlacken löst. Beim Reduktionsvorgang werden auch die fremden Metalle abgeschieden und sind dann kaum wieder aus dem Zinn zu entfernen. Ehe es geschmolzen wird, entfernt man darum das Gestein so gut wie möglich, indem man das Erz fein pulvert und schlämmt. Um das Pochen zu erleichtern, zugleich auch, um Arsen und Antimon zu verflüchtigen, wird das Bergzinnerz vorher mürbe gebrannt. Nachdem das

material und Reduktionsmittel zugleich, ähnlich wie beim Eisenhochofenprozeß. Das Metall fließt samt der Schlacke aus dem Schacht und sammelt sich in einem Vorherd. Wenn Zinn und Schlacken sich gesondert haben, werden die Schlacken mit Krücken über den Rand abgezogen, während das Zinn durch einen Stichkanal abfließt. In einem Ofen von 3 m Höhe lassen sich in 24 Stunden 16 000 kg Erzpulver verschmelzen. Der Zinnverlust beträgt dabei etwa 15% des Gehaltes.

Das Rohzinn wird aus dem Stichherd ausgeschöpft und über eine eiserne Platte langsam zwischen glühenden Kohlen hindurch fließen lassen. Hierbei fließt nur das reine Metall ab, während die schwerer schmelzbare Zinn-Eisenlegierung gewöhnlich zwischen den Kohlen liegen bleibt. Auch reinigt man das Zinn ähnlich wie das Zink, indem man die schwereren Verunreinigungen sich aus dem flüssigen Metall absetzen läßt.

Der Zingießere verarbeitet sehr selten das Zinn für sich. Es wäre zu teuer und auch zu weich. Gebräuchlich sind Legierungen mit Blei oder Antimon. Der Bleigehalt ist jetzt gesetzlich auf einen geringen Prozentsatz herabgedrückt. Früher bestand das Zinn für Speisegeräte aus einem Sechstel Blei, für Spielwaren fast aus der Hälfte und gab darum häufig zu Bleivergiftungen Anlaß. Auch die Orgelpfeifen sind bisweilen noch aus einem ähnlichen Gemisch gefertigt. Sehr leichtflüchtig ist eine Legierung von zwei Teilen Zinn auf einen Teil Blei. Sie heißt Schnelllot und schmilzt schon bei 120°. Die Antimonlegierungen enthalten oft Blei, Kupfer und Zink. Unter dem Namen Weißmetall wird es für Zapfenlager u. verwendet, als Britanniametall für Löffel, Gabeln und andere Gebrauchsgegenstände.

Das Verzinnen geschieht auf zweierlei Art. Der blanke, unter Umständen blank geätzte Gegenstand wird mit geschmolzenem Zinn in Berührung gebracht, indem man ihn eintaucht oder das Zinn auf seiner Oberfläche verreibt. Eisenblech, das auf diese Weise verzinnt wurde, heißt Weißblech. Die Abfälle werden seit einiger Zeit wieder aufgekauft und mit Hilfe von Säure wieder entzinnt. Die zweite Art des Verzinnens geschieht auf nassem Weg durch den sogenannten Weißjud. Er wird ausgeführt, indem man die Gegenstände in einem verzinteten Kessel mit Zinnkörnern und Weinsteinlösung kocht und dann mit Kleie abreibt.

Auf den menschlichen Körper wirkt Zinn viel weniger giftig ein als Zink und Blei. Zahlreiche Krankheitsfälle, die auf den Zinngehalt des Weißblechs zurückgeführt wurden, sind später als Bleivergiftungen erkannt worden, die davon herührten, daß mit bleihaltigem Metall verzinnt worden war. Der Gesundheitszustand der Zinnarbeiter ist verhältnismäßig gut. Ungesunde Dämpfe entstehen nur in den Weißblechfabriken. Hier handelt es sich um ein starkes Walzblech, welches blank geätzt werden muß. Das Ätzen wird mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure besorgt. Die Dämpfe, die hierbei entstehen, sind sehr ungesund und greifen die Haut an. Wenn das Blech blank ist, wird es mehrmals in geschmolzenes Zinn gebracht, das zum Schutz gegen Oxidation mit einer Schicht Palmfett bedeckt ist. Das Fett ist demnach 250—300° heiß und stößt widrig riechende und stark zu Husten reizende Dämpfe aus. Die Gesetzgebung verlangt, daß die Säure- und Fettdämpfe durch Abzüge entfernt werden und für gute Ventilation gesorgt ist.

Aluminium.

Kein Metall ist in so kurzer Zeit so schnell bekannt und so vielfach verwendet worden wie das Aluminium. Bei keinem hat die Herstellung so viel Aufsehen erregt wie gerade hier; ist doch das Rohmaterial über die ganze Erde in unerschöpflicher Menge verbreitet. Lehm, Thon, Porzellanerde, Feldspat, Glimmer und noch viele andere Mineralien enthalten Aluminium in großer Menge. Der Gedanke, daß in jeder Handvoll Garten-erde Metall stecken solle, ist an sich so merkwürdig und wunderbar für diejenigen, welche die Entwicklungsgeschichte der Chemie nicht verfolgt haben, daß die Bezeichnung „Silber aus Lehm“ wohl berechtigt ist, Staunen zu erregen. Noch 1852 kostete das Kilogramm Aluminium 6000 Frs. In zwei Jahren sank es auf die Hälfte und im Jahr 1856 kostete es nur noch 300 Frs. Im Jahr 1889 bezahlte man noch 50 Mark, heute 2,5 Mark für das Kilogramm. Ein weiterer Preisrückgang ist möglich, da nach genauen Berechnungen das Kilogramm schon für 35 Pfennige hergestellt werden kann. Wenn man den heutigen Preis auf das Kubikmaß berechnet, so ist er jetzt schon niedriger als der des Kupfers und nur doppelt so hoch als der des Zinks.

Dieser ungeheure Preissturz, verbunden mit den vorzüglichen Eigenschaften des Metalls, mußten ihm in kürzester Zeit ein außerordentlich großes Verwendungsgebiet sichern. Als der Franzose St. Claire-Deville im Jahr 1854 eine bedeutende Verbilligung erzielte, wandte sich ihm sofort das allgemeine Interesse zu. Der Kaiser Napoleon III. unterstützte die Unternehmung mit reichlichen Geldmitteln, weil er davon bedeutende Umwälzungen auf dem Gebiete der Heeresbewaffnung erhoffte. Gewehre, Säbel, Kürasse aus Aluminium, nur den dritten Teil vom Gewicht der stählernen, mußten der französischen Armee die Überlegenheit über alle europäischen Heere geben! Solche

Hoffnungen haben sich bis jetzt allerdings noch nicht erfüllt. Die Preise sind erst in den letzten zehn Jahren so weit zurückgegangen, daß kleinere Gegenstände aus Aluminium in den Handel kommen. Unmittelbare Ursache hierfür ist die Gründung der größten Fabrik der Jetztzeit gewesen. Sie ist bei Neuhausen am Rhein angelegt und nützt einen Teil der dortigen Wasserkräfte aus. Jährlich liefert sie über 200 t, die Hälfte der Weltproduktion.

Nächst Sauerstoff und Kieselsäure ist das Aluminium der häufigste Grundbestandteil der Erde. Gleichwohl kommt es niemals gediegen vor. Mit der Kieselsäure und einigen leichten Metallen ist es ein wesentlicher Teil der festen Erdrinde. In allen Gesteinen, die noch nicht verwittert und noch nicht durch Wasser zerlegt worden sind, also in allen Urgesteinen im weiteren Sinn, ist es in einer Menge von durchschnittlich 20 % enthalten. Wenn diese Gesteine unter dem Einfluß der Atmosphärenluft sich verändern, wenn sie aufgearbeitet werden durch Wärme und Kälte, Wasser, Wind und die Thätigkeit der Lebewesen, dann wird das Lösliche im Wasser entführt, während das Harte und Schwere als Sand und Gerölle am längsten liegen bleibt. Ein Teil aber ist beim Zersetzungsprozeß in seiner innersten Zusammensetzung gewissermaßen aufgelockert worden; seine kleinsten Teile nehmen nach der Verwitterung einen größeren Raum ein, als sie vordem besaßen hatten und sind darum verhältnismäßig leichter geworden. Sie werden vom fließenden Wasser weit fortgeführt, wie die Feder vom Wind. Sie sind jene gelbe, braune oder rote Masse, welche den angeschwollenen Bergbach trübt. Wenn das Bachbett sich verbreitert und das Wasser ruhiger dahinfließt, werden sie als Schlamm am Boden abgelagert. In reinem Zustand vollkommen weiß, gewöhnlich aber durch Eisengehalt gelb oder rotbraun gefärbt, bilden sie die letzten Überreste früherer Gebirge. Mächtige Lager und Anschwemmungen von ihnen sind Zeugen für die frühere Thätigkeit des Wassers. Je nach dem Grad der Reinheit heißen sie Porzellanerde oder Kaolin, Töpferthon, Pfeifenthon, Walkerde oder Lehm mit zahlreichen örtlichen Unterstufen. Sie sind das „Erz“ des Aluminiums. Nach der ganzen Art, wie es entstand, ist es natürlich im höchsten Grad unrein. Für die Fabrik ist Aluminiumoxyd erforderlich, das erst gewöhnlich auf dem Weg künstlicher chemischer Umsetzungen aus den natür-

lichen, Kieselsäure enthaltenden Verbindungen dargestellt wird. Seltener wird das als Gestein vorkommende wasserfreie Aluminiumoxyd verwendet. Es wird, wenn es unrein ist, Schmirgel genannt, in reinem und gut krystallisiertem Zustand Korund. Als Ausgangsmaterial für künstliches Oxyd nimmt man nicht jeden beliebigen Lehm, weil es zu teuer käme, ihn zu reinigen.

Fast allgemein verwendet man als Rohstoff den Bauxit, ein natürliches, wasserhaltiges Aluminiumoxyd von ziemlich wechselnder Zusammensetzung, das mit Eisenoxyd verunreinigt ist. Seine Fundorte sind Argile de Beauv, Kalabrien, Belfast, Steiermark, Krain, Senegal und verschiedene Stellen von Nordamerika. Außer ihm kommt noch der Kryolith oder Eispat aus Grönland in Betracht, eine Aluminium-Natrium-fluorverbindung. Um Metall und Sauerstoff zu trennen, bedient man sich entweder, wie bei den bisher besprochenen Hüttenprozessen, eines Reduktionsmittels, oder man spaltet auf elektrischem Wege. Das Verfahren, ohne Elektrizität Aluminium abzuschneiden, hat seit zehn Jahren kaum noch mehr als geschichtlichen Wert. Doch ist die Art, wie es sich herausbildete in chemisch-technischer Hinsicht wie in rein theoretischer, außerordentlich lehrreich.

Die ersten Jahre des 19. Jahrhunderts sind durch die Entdeckung einer großen Anzahl Metalle ausgezeichnet. Die Chemiker Davy, Gay-Lussac, Thénard, Berzelius u. a. konnten durch Reduktion mittels des elektrischen Stromes eine ganze Anzahl Oxyde zerlegen. So erhielt Davy 1807 das Kalium und Natrium, Berzelius im folgenden Jahr Calcium und Baryum, Seebeck das Magnesium. Auch von der Thonerde ließ sich voraussagen, daß ein Metall in ihr stecke. Doch wollte es einstweilen noch nicht gelingen, dasselbe rein darzustellen. Erst 1827 gewann Fr. Wöhler das Metall als feines graues Pulver, als er Chloraluminium mit metallischem Kalium glühte. Der hohe Preis des Kaliums verbot von selber, mehr als einige Gramm herzustellen. 1845 erhielt er es in Form von kleinen Kügelchen, als er das Chloraluminium dampfförmig über Kalium leitete. Neun Jahr später zerlegte Bunsen auf elektrischem Weg eine Doppelverbindung des Chloraluminiums mit Chlornatrium. Die Verfahren von Wöhler und Bunsen zusammengesügt und in die Technik eingeführt zu haben, ist das Verdienst von St. Claire-Deville.

Wie Bunsen ging er von der Aluminium-Natriumdoppelverbindung aus; die Reduktion nahm er wie Wöhler mit einem Leichtmetall vor, nur daß er statt des Kaliums das billigere Natrium benutzte. Um den Preis herabzusetzen, war eine Preiserniedrigung des Reduktionsmittels notwendig. Von 1855 an wurde Natrium in Devilles Fabrik zu Salindres durch Destillation eines Gemenges von Soda, Steinkohlenpulver und Kreide aus eisernen Röhren erhalten. 1866 gewann man es noch billiger dadurch, daß statt der Soda das Natriumhydroxyd mittels eisenhaltiger Holzkohle reduziert wurde. Der Aluminiumpreis sank dadurch von 300 Frs. auf 150. Man schmolz Kryolith, das natürliche Fluornatrium-Fluoraluminium, und drückte Natrium in großen Blöcken von 5—7 kg Gewicht hinein. Das Aluminium, welches sich aus dem Bade abschied, ließ man unten ab; durch Zusatz von Aluminiumsulfat zur Schmelze erhielt man wieder künstlichen Kryolith. Die Entwicklung der Elektrolyse ließ jedoch das Natriumverfahren nicht lange andauern. Es konnte schon wegen des Kostenpunktes nicht bestehen. Man hat berechnet, das für 27 kg Aluminium günstigenfalls 69 kg Natrium notwendig sind; welche sich wenigstens auf einige Hundert Mark stellen. Für den gleichen Betrag kann aber ein Elektrizitätswerk weit über 100 kg Aluminium liefern. Für die Technik konnte also das Natriumverfahren das Aluminium nicht billig genug liefern, wohl aber verdankt man ihm das billige Natrium. Der Preis dieses Metalls belief sich noch vor 40 Jahren auf mehrere Tausend Francs, während man heute das Kilo mit zwölf Mark bezahlt.

Als treibende Kraft verwenden die Elektrizitätswerke allgemein das Gefälle großer Flüsse (Niagara, Rhein, Isère). Man ist lediglich auf diese billigste Art der Stromerzeugung angewiesen, weil die Ausbeute im Vergleich zur angewandten Kraft eine sehr geringe ist. Durch Rechnung hat man feststellen können, daß, um 1 kg Aluminium von seiner Vereinigung mit Sauerstoff abzuspalten, die Kraft von vierzig Pferden bei einstündiger Arbeit notwendig ist. Zwei Verfahren sind für die elektrolytische Abscheidung gebräuchlich, von denen das ältere, von Cowles (Fig. 15) vorgeschlagene, allmählich in Abgang kommt.

Die Reduktion wurde hierbei mit Kohle besorgt. Der starke Strom sollte bloß die Hitze liefern. Als Schmelzöfen verwendete man einen aus feuerfester Masse gebauten Kasten, unten und an

den Seiten mit Kohlenpulver ausgekleidet, oben mit einer gußeisernen Platte bedeckt. Im Deckel waren Abzugslöcher für die Verbrennungsgase. Durch die kürzeren Seiten ragte beiderseits ein Kohlenpol herein. Die Schmelzbeschiebung bestand aus einem Gemisch von Kupferspänen, Korund und Holzkohle. Die Heizquelle war ein Strom von 10 000—15 000 Ampère Stärke. Wenn der Ofen in Betrieb gesetzt war, entwich aus den Abzugslöchern ein weißer Rauch, welchen man anzündete, um Explosionen zu verhüten. Das Dryd reduzierte sich auf Kosten

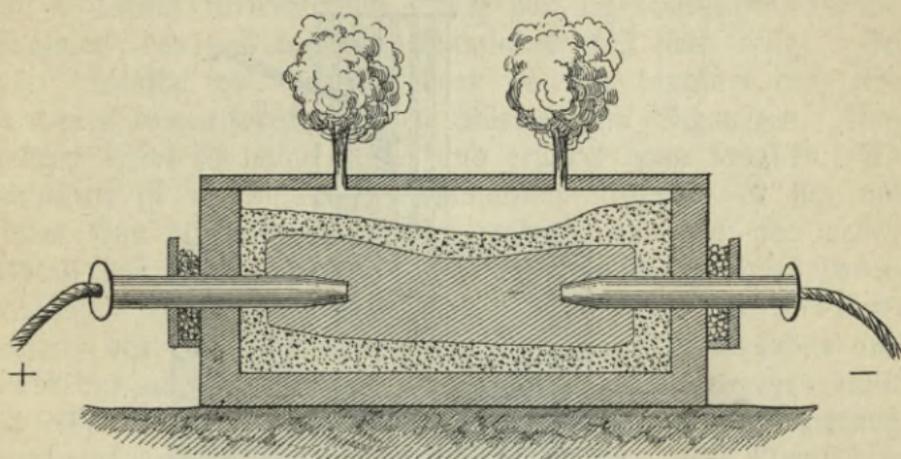


Fig. 15. Aluminium-Schmelzofen nach Cowles.

der Kohle und legierte sich mit dem Kupfer zu Aluminium-bronze. Von Zeit zu Zeit wurde frisch beschickt. Man erhielt auf diese Art eine weiße Bronze von 15—35 % Aluminium, welche, mit Kupfer zusammengeschmolzen, eine rotgelbe Bronze von beliebigem Kupfergehalt lieferte.

Die Fabrik zu Neuhausen am Rhein nützt eine Erfindung von Héroult aus (Fig. 16). Mit dem elektrischen Strom wird zugleich geheizt und reduziert. Als Gefäß und gleichzeitig als negativer Pol dient ein Ziegel aus Kohle, um welchen ein eiserner Mantel gegossen ist. Der Hohlraum wird mit Kupferspänen beschickt und der positive Pol, aus einem Bündel Kohlenstäben bestehend, in ihre Nähe gebracht. Ist das Kupfer infolge der Wärmeentwicklung geschmolzen, so wird künstlich hergestelltes Aluminiumoxyd eingetragen. Es schmilzt infolge der Wärmestrahlung und wird dadurch leitend. Wird das Kohlenbündel gehoben, so geht der Strom durch das Dryd und zersetzt es. Der

Sauerstoff verbrennt den Kohlenpol und das Aluminium legiert sich mit dem Kupfer. Unten am Tiegel ist eine Vorrichtung, welche die Metalle abzapfen gestattet. Wird mit der jeweiligen Drogenachfüllung auch noch Kupferklein eingeworfen, so erhält man Aluminiumbronze, andernfalls soll allmählich reines Aluminium entstehen. Wird statt des Drogen kiesel-saure Thonerde eingefüllt, so erhält man eine Siliciumlegierung. Auch die Eisenverbindung, das Ferroaluminium, wird nach diesem Verfahren hergestellt.

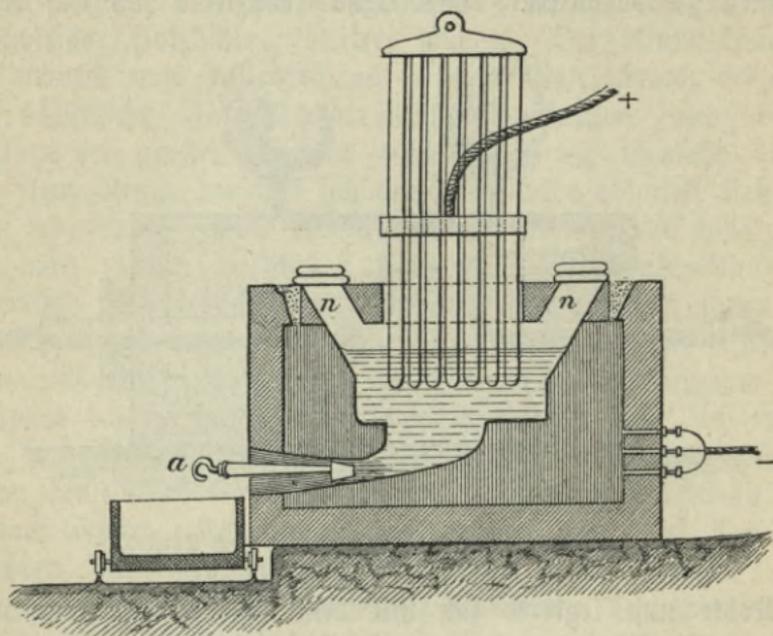


Fig. 16. Aluminium-Schmelzofen nach Héroult. *a* Abstichöffnung, *n* mit Deckel verschließbare Öffnungen zum Nachfüllen.

In reinem Zustand besitzt das Aluminium Farbe und Glanz des Zinns, ist aber härter als dieses. Seine Dehnbarkeit gestattet die Herstellung von Draht, Blech und Blattmetall. In gegossenem Zustand ist es so fest wie Gußeisen, geschmiedet so zäh wie Bronze. Mit schneidenden Werkzeugen läßt es sich nur sehr schwer bearbeiten. Das Unangenehme dieser Thatsache sucht man zu beseitigen, indem man Hobel, Bohrer, Drehmesser zc. dick mit Öl einschmiert. Beim Bohren nimmt man auch sehr oft Seifenwasser zu Hilfe. Durch Legierung mit fremden Metallen, namentlich mit Kupfer, wird es härter und spröder, auch nimmt Gewicht, Dehnbarkeit und Zugfestigkeit dadurch zu.

Am meisten fällt beim Aluminium das Gewicht auf. Wohl giebt es noch eine große Anzahl viel leichterere Metalle, wie Kalium, Natrium, Magnesium, aber sie sind dem großen Publikum nicht so zugänglich. Ein Stück Aluminium wiegt nur ein Drittel so viel wie ein gleich großes Stück Eisen, nur ein Viertel des Silbers, ein Fünftel des Quecksilbers, ein Siebentel des Goldes. Sein Klang ist sehr stark und schön. In ganz reinem Zustand ist es vollkommen geruchlos und ohne jeden Geschmack. Eine geringe Verunreinigung mit Silicium verleiht ihm jedoch den eigentümlichen Metallgeschmack, den das künstliche Aluminium fast stets besitzt. Bei 650° schmilzt es. Hierbei wird es nur langsam heiß und erfordert dementsprechend viel Wärme zum Schmelzen. Umgekehrt bleibt es lange flüssig und erstarrt dann langsam. An der Luft ist es beständig. Allmählich überzieht es sich mit einem sehr dünnen Häutchen von Oxid, das auf dem hellen Metall fast nicht sichtbar ist und nur den Glanz etwas beeinträchtigt. Dünn ausgewalztes Aluminium, das „weiße Blattmetall“ des Handels, läßt sich an der Flamme entzünden und verbrennt zu weißem Oxid. In dicken Stücken dagegen läuft es selbst bei Rotglut nur wenig an. Aus der Kupferlegierung verbrennt beim Erhitzen stets mehr Kupfer als Aluminium verbrennt. Erst bei lebhafter Rotglut oxydiert es sich auf Kosten des Sauerstoffs des Kupferoxyds oder anderer Oxide. Hierdurch wird es zu einem sehr wertvollen Reduktionsmittel in der Eisenindustrie. Alle Abfälle von Schmiedeeisen und Stahl werden wieder eingeschmolzen. Stets sind aber dieselben oberflächlich oxydiert; würden sie für sich verschmolzen, so würde der Oxydsauerstoff einen Teil des Kohlenstoffs im Eisen verbrennen und die gasartigen Produkte würden den Guß blasig machen. Nun setzt man aber einen sehr kleinen Prozentsatz Ferroaluminium zu, eine Eisenlegierung, welche man direkt in der Aluminiumfabrik gewinnen kann. Der Guß wird auf diese Art ausgezeichnet dicht. Da außerdem das Aluminium in hohem Maße die Fähigkeit besitzt, den Kohlenstoff aus dem Eisen zu verdrängen und als Graphit abzuscheiden, so erstarrt der Guß auch bei größeren Massen vollkommen gleichmäßig. Über die Hälfte alles Aluminiums soll in dieser Weise verwendet werden.

Man hat auch beobachtet, daß im Augenblick, wo das Aluminium sich oxydiert, eine große Wärmemenge entwickelt

wird. Wenn man die Oxyde des Eisens, Mangans, Chroms, Siliciums u. s. w. mit feingepulvertem Aluminium mischt und in passender Weise entzündet, so gelingt es, die Wärme nutzbar zu machen. Das Metall verbrennt mit dem Oxydsauerstoff zu reinem Aluminiumoxyd oder Korund. Eisen, Chrom u. s. w. werden in chemisch reinem Zustand als gleichmäßig geschmolzene Masse abgeschieden. Die Hitze ist viel größer als die einer guten Schmiedeeise. Dicke eiserne Bolzen werden durch einfaches Eintauchen in wenigen Sekunden weißglühend. Die Metalle, die sich als Abfallprodukt bilden, lassen sich auf andere Art nicht so billig und so rein gewinnen. Da sie aber sehr wichtig für die Stahlindustrie sind, dürfte dieser Heizung mit Aluminiumpulver noch eine große Zukunft bevorstehen.

Schwefelwasserstoffgas wirkt auf Aluminium nicht ein, während Silber dadurch geschwärzt wird. Zum Versilbern von Bilderrahmen, Büchereinbänden und dergleichen wird darum jetzt allgemein Blattaluminium genommen. Schwefelsäure greift das Metall nur sehr langsam an. Hierbei bildet sich Aluminiumsulfat, welches mit Kaliumsulfat ein Doppelsalz liefert, den Kalialaun oder gewöhnlichen Alaun. In der Rattendruckerei findet er als Beizmittel ausgedehnte Verwendung. Salzsäure löst Aluminium leicht auf, ebenso Lauge. Salpetersäure, die selbst das Silber angreift, wirkt auf Aluminium nur wenig ein. Säuren des Tier- und Pflanzenreichs haben nur beim Kochen Einfluß, sofern sich nicht Kochsalz mit in der Lösung befindet. Sonst allerdings geht die Auflösung ziemlich rasch vor sich. Für Kochgeschirre erscheint darum das Aluminium wenig geeignet zu sein, um so mehr, als es sich beim Reinigen stark abnützt. Da seine Salze nur in geringem Maße den menschlichen Körper schädigen, sind gesundheitspolizeiliche Vorschriften in dieser Hinsicht noch nicht erlassen. Zu vielen Zwecken ist das Aluminium ungeeignet, weil es zu weich ist. So lange es sich nicht härten und dem Stahl ähnlich machen läßt, kann es zu Waffen und Werkzeugen nicht verwendet werden. Auch hat man die unangenehme Entdeckung gemacht, daß die gebräuchlichen Schmelzloten hier völlig unbrauchbar werden. Die große Menge Patente, die alljährlich noch auf neue Lötverfahren genommen worden ist, beweist am besten, daß die Technik sich mit dem Gebotenen noch nicht zufrieden giebt. Wird das Blech genietet, so zerbröckelt es an

den Nietstellen, sobald dieselben eine Zeit lang der Wirkung des Wassers ausgesetzt sind. Wahrscheinlich spielen sich hierbei galvanische Vorgänge ab. Jedenfalls haben sich die Versuche, Sportsboote und dergleichen aus Aluminium zu bauen, bis jetzt noch nicht bewährt. Kleinere Gegenstände, die aus Barren oder Blech durch Stanzen und Prägen in einem Stück erhalten werden, zeigen dagegen die unliebsamen Mißstände ebenso wenig wie die nahtlosen Röhren, die nach dem Mannesmannverfahren hergestellt sind. Die Oberfläche verschönert man durch Mattätzen mit verdünnter Lauge und nachheriges Abwaschen mit verdünnter Salpetersäure.

Wichtiger noch als das reine Metall sind die Legierungen. Außer dem Ferroaluminium werden große Mengen Aluminiumbronze hergestellt mit einem Gehalt von ungefähr 10% Aluminium und 90% Kupfer. Sie besitzt eine sehr schöne, goldähnliche Farbe, die lange anhält, wenn kein Silicium mit legiert ist. Da sie die Härte des einen mit der Widerstandsfähigkeit des anderen Metalls verbindet, wird sie zum Aufbau von optischen, chirurgischen und physikalischen Apparaten noch mehr gebraucht als reines Aluminium. Auch in Fabriken hat sie rasch Eingang gefunden, wo es gilt, ihre Zähigkeit und Säurebeständigkeit zu verwerten.

Seit kurzer Zeit (1899) kommt eine Legierung in den Handel, welche aus Aluminium mit 5—30% Magnesium besteht und die Bezeichnung Magnalium führt. Sie ist noch etwas leichter als reines Aluminium. Als besondere Vorzüge werden ihr nachgerühmt, daß sie sich sehr gut gießen und mit allen Werkzeugen leicht bearbeiten läßt. Ihre Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einwirkungen ist größer als die der reinen Metalle, aus denen sie sich zusammensetzt. Leider kann man sie bis jetzt noch nicht löten. Von allen Sachverständigen, die Gelegenheit hatten, sie zu benützen, wird diese Metallmischung außerordentlich günstig beurteilt.

Ob wirklich das Aluminium das Metall der Zukunft sein wird, wie man es schon ausgesprochen hat, bleibt heute noch abzuwarten. Noch ist seine Einführung in das Gewerbe viel zu jung, als daß man schon ein endgültiges Urteil fällen könnte. Für seine Herstellung ist eine große Menge Kraft notwendig, die dem Dryd in Form von Wärme und Elektrizität zugeführt werden muß. Diese Kraft schlummert gewissermaßen

in dem Metall. Bei seiner Oxydation mittels Oxyden äußert sie sich in der großen Wärmeentwicklung. Bei chemischen Reaktionen in der organischen Chemie macht man ebenfalls reichlichen Gebrauch von ihr. Daß es auch anderweitig als Kraftquelle gebraucht werden kann, vielleicht zur Erzeugung von Elektrizität oder Licht, ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Leichtmetalle.

Für Wissenschaft und Technik in gleicher Weise bedeutungsvoll ist die kleine Gruppe der Leichtmetalle. Im höchsten Grad kommen allen hierher gehörigen Körper die Eigenschaften zu, welche ein unedles Metall als solches kennzeichnen. Wenn es keine Leichtmetalle geben würde, so besäße die Wissenschaft nicht die Hälfte der allgemeinen Kenntnisse von den Metallen überhaupt. Es würden aber auch die Stoffe, mit denen sie jetzt gebunden sind, in durchaus anderer Weise in die Erscheinung treten. Dies sind vor allem die starken unorganischen Säuren: Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Kieselsäure und Kohlenensäure. Sie würden mit den anderen Metallen Verbindungen eingegangen sein; teilweise auch würden sie in freiem Zustand auf der Erde sein, das Pflanzen- und Tierleben in seiner jetzigen Form auf das Entschiedenste beeinflussend. Denn abgesehen vom Eisen, welches nach Berechnungen 5,46% der gesamten festen Erdkruste bildet, machen die sämtlichen übrigen Schwermetalle nicht einmal $\frac{1}{100}$ % aus. Von den Leichtmetallen dagegen bildet das Aluminium 7,81%, das Calcium 3,77%, Magnesium 2,68%, Natrium 2,36%, Kalium 2,40% der Erdrinde. Keines von ihnen kommt in der Natur gediegen vor; nur ausnahmsweise tritt einmal eine einfache Sauerstoffverbindung auf und zwar nur vom Aluminium. Niemals findet man sie an Schwefel gebunden, es sei denn zugleich mit Sauerstoff als schwefelsaure Salze. Umgekehrt dagegen ist es geradezu ein Ausnahmefall, daß eine der genannten Säuren mit einem Schwermetall vereinigt ist. Zwar entstehen, indem der Kupferkies und Eisenkies verwittern, der blaue und grüne Bitriol. Aber ihr Dasein in den Grubentwässern ist sehr vorübergehender Art. Der kleinste organische Rest, jedes Holzstück bewirkt schon ihre Zersetzung. Schwefelsaures Calcium dagegen bildet mächtige Gebirgsstöcke; schwefelsaures Magnesium und

Natriumsulfat kommen in den Quellen gelöst aus der Tiefe und sind im Meerwasser in Mengen von vielen Millionen Tonnen enthalten. Aus diesen Gründen werden auch die meisten der genannten Säuren, die mit zu den allerwichtigsten und unentbehrlichsten Hilfsmitteln der chemischen Industrie gehören, fast ausnahmslos aus ihren Leichtmetallsalzen dargestellt. Hierbei entstehen andere Verbindungen und Metallsalze, die ebenfalls von ganz unschätzbarem Wert für unser ganzes modernes Entwicklungsleben sind. Aus dem Chlornatrium oder Steinsalz gewinnt man z. B. die Salzsäure und das Chlor; daneben erhält man kohlensaures Natrium oder Soda und daraus wieder das unersehbare Mittel zur Herstellung von fester Seife, die Lauge.

Die Metalle selber braucht man, abgesehen von Aluminium, nur äußerst spärlich. Die chemische Großindustrie würde es kaum bemerken, wenn plötzlich kein Magnesium, Kalium oder Calcium mehr dargestellt werden könnte. Natrium allein hat als Reduktionsmittel und zu sonstigen Zwecken in den Farbfabriken eine kleine Verwendung gefunden.

Das Aluminium steht also auch hierin, wie in seinem Gewicht, den Schwermetallen näher als die übrigen. Aus diesen und anderen Gründen ist ihm schon ein besonderer Abschnitt gewidmet worden.

Das Verbindungsglied zwischen dem Aluminium und den übrigen Leichtmetallen bildet das Magnesium. Man stellt es auf elektrischem Weg aus der Chlorverbindung dar. Es ist ein silberweißes Metall, welches an der Luft leicht anläuft, geringe Härte und Dehnbarkeit besitzt und durch sein geringes Eigengewicht (1,74) auffällt. Wird es in eine Kerzenflamme gehalten, so entzündet es sich und verbrennt mit blendend weißem Licht und unter Bildung eines weißen Rauchs zu Magnesiumoxyd. Es wird darum auch zu Beleuchtungszwecken gebraucht, namentlich beim Photographieren. Gepulvert verbrennt es blitzartig, wenn man es in eine Flamme bläst oder als Gemisch mit chlorsaurem Kali und Zuckerpulver entzündet. Das Oxyd heißt auch Bittererde oder Magnesia. Es findet in der Medizin, zur Erzeugung einer besonderen Art Glühlicht, zur Herstellung von feuerfesten Tiegeln sowie zur Fabrikation von Steinfitt und Magnesiacement ziemlich große Verwendung. In Säuren lösen sich Metall und Oxyd leicht auf und bilden eine Reihe höchst

wichtiger Salze, von denen das Magnesiumsulfat oder Bittersalz und das kohlen saure Magnesium die bemerkenswertesten sind. Das erste ist der wirksame Bestandteil des Bitterwassers, das letzte bildet für sich als Magnesit oder mit kohlen saurem Kalk vereinigt als Dolomit große Gebirgsstöcke.

Eine Eigentümlichkeit haben alle übrigen Leichtmetalle gemeinsam: ihre Oxide löschen sich mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung ab und gehen dann in Lösung.

Wenn auch das Calcium als Metall schwerlich schon einmal in die Hände eines Lesers dieses Buches gekommen ist, das Oxid davon hat jedoch schon jeder gesehen und kennt seine Darstellung und Verwendung. Calciumoxyd ist dasselbe wie gebrannter Kalk. Man stellt ihn dar durch Glühen von Kalkstein in großen gemauerten Öfen. Der gelöschte Kalk findet zu Bauzwecken, zur Klärung und Läuterung des Zuckersaftes in Zuckerfabriken, zur Herstellung von Chlorkalk, von Seifensiederlauge, sowie sonst in der chemischen Technik ausgedehnte Verwendung. Tierische Stoffe, z. B. Wolle, werden durch ihn sehr rasch zerstört. Man nennt ihn darum auch Ätzkalk. Wenn man ihn mit Wasser anrührt und die milchige Flüssigkeit durch Abseihen oder Filtrieren klärt, so erhält man das Kalkwasser. Es trübt sich, wenn es mit schlechter Luft in Berührung kommt und besitzt einen laugigen Geschmack. Sehr viele Pflanzenfarben werden durch Kalkwasser verändert: Beilichensaft wird grün, Rotkrautbrühe grün und später gelb. Das Metall Calcium wird nur ganz ausnahmsweise einmal hergestellt, bloß zu rein wissenschaftlichen Zwecken. Es ist licht messinggelb und stark glänzend. Sobald es mit Luft in Berührung kommt, läuft es unter Oxidbildung grau an. Soll es in einer Sammlung aufbewahrt werden, so muß man darum die Luft absperren, entweder indem man das Calcium in ein Glasröhrchen voll Wasserstoffgas einschließt, oder indem man es mit reinem Steinöl bedeckt. Man gewinnt es ähnlich wie das Magnesium, indem man sein salzsaures Salz mit Elektrizität zerlegt. Seine natürlichen Verbindungen sind ausnahmslos häufig. Der kohlen saure Kalk, je nach Reinheit, Härte und Aussehen als Kalkstein, Tuffstein, Marmor, Kreide unterschieden, bildet viele und große Gebirge. Der schwefel saure Kalk oder Gips ist stets zu finden, wo Steinsalz lagert oder doch früher einmal gelagert hat. Seine Entstehung aus Meerwasser ist unzweifelhaft.

Natrium und Kalium sind silberweiße und stark glänzende Metalle. Mit Sauerstoff vereinigen sie sich so leicht, daß sie schon bei bloßer Berührung mit Luft sofort anlaufen. Beim Erhitzen schmelzen sie und entzünden sich, noch stärker erwärmt, von selber. Kalium brennt hierbei mit blaßvioletter, Natrium mit leuchtend gelber Flamme. Als Verbrennungsprodukt bleibt das Oxyd als gelbweiße Masse zurück, welche aus der Luft schnell Feuchtigkeit anzieht und zerfließt. Läßt man auf das frisch bereitete Oxyd einen Tropfen Wasser fallen, so wird ein lautes Aufzischen hörbar, die Schale wird sehr heiß und Dampf entweicht. Das meiste Wasser wird hierbei chemisch gebunden, so daß man es äußerlich nicht mehr wahrnehmen kann. Aus dem Oxyd ist eine dem gelöschten Kalk entsprechende Verbindung entstanden, welche Ätzkali bezw. Ätznatron genannt wird. Beide lösen sich sehr leicht in Wasser. Die Lösung heißt Kali- und Natronlauge. Es sind farblose Flüssigkeiten, welche ähnliche Eigenschaften haben wie das Kalkwasser, nur in viel stärkerem Maße. Haut, Wolle und Seide werden rasch davon zerstört, rote Pflanzenfarben in blau oder grün umgewandelt, Salzlösungen jeder Art dadurch zerlegt. Mit Säuren vereinigen sie sich unter großer Wärmeentwicklung und bilden meistens gut krystallisierende Salze, die in Wasser löslich sind. Die Salze der Salzsäure und Schwefelsäure sind auf der Erde weit verbreitet. Sie sind die hauptsächlichsten Mineralien der Steinsalzlager. Das Steinsalz selber, in reinem Zustand Kochsalz genannt, ist salzsaures Natron oder Chlornatrium. Die Kalisalze sind im allgemeinen seltener. In Staßfurt decken sie das Steinsalz zu und wurden früher als unbrauchbar beiseite geschafft. Man nannte sie darum Abraumsalze. Heute kennt man ihren Wert besser. Als sehr wertvolle Düngesalze werden sie in der Landwirtschaft verwendet; auch stellt man aus ihnen die meisten Kalisalze des Handels her, z. B. die Pottasche.

Ohne auf die Bildung der Steinsalzlager näher einzugehen, sei hier erwähnt, daß sie unzweifelhaft der Verdunstungsrückstand früherer Meere oder Meeresarme sind und daß das Material in den löslichen Bestandteilen der verwitternden Urgesteine zu suchen ist.

Daß Kalium und Natrium nicht gediegen auf der Erde vorkommen können, ist bei ihren Eigenschaften nicht zweifelhaft. Um ihre große chemische Kraft zu überwinden und die Metalle

in freiem Zustand zu erhalten, sind kräftige Reduktionsmittel notwendig. Entweder bestehen diese, wie gelegentlich der Aluminiumgewinnung beschrieben, in weißglühender Kohle, oder starke elektrische Ströme müssen die Chlorverbindung zerlegen. Das freie Metall muß, wie das Calcium, unter Luftpabschluss aufbewahrt werden. Wasser läßt sich zum Absperren nicht verwenden, weil Natrium, wie Kalium und Calcium, dasselbe unter Bildung ihres Drydes und unter Freiwerden von Wasserstoff zerlegen. Als Luftpabschluss nimmt man gewöhnlich Petroleum.

Aber gerade die chemische Kraft gewährt den Leichtmetallen ihren ungeheuren Wert für die chemische Technik. Ihre Eigenschaft, als Lauge zu wirken, macht sie zum unmittelbaren Gegenteil der Säuren. Auch die Säuren zerstören pflanzliche und tierische Stoffe. Werden sie aber mit einer Lauge im passenden Verhältnis gemischt, so entsteht die Gruppe von Körpern, die weder mehr Laugen noch Säuren sind, die Pflanzenfarben nicht mehr ändern und auch nicht mehr ätzend wirken, die Salze. Für die Technik und die gesamte Lebewelt sind sie von großer Bedeutung; erinnert sei bloß an das kohlen-saure Natrium oder Soda, Chlornatrium oder Kochsalz. Dadurch, daß man einer sauren Flüssigkeit eine Lauge zusetzt, wird die Säure unschädlich gemacht. Salzbildung ist eine Eigenschaft aller Metalle, nicht nur der leichten; allerdings läßt sie sich bei den Leichtmetallen besonders gut beobachten und untersuchen. Wir haben sie im Verlauf der vorstehenden Ausführungen sehr oft sich vollziehen sehen. Gold kommt als kiesel-saures Salz aus großen Tiefen in die Höhe und spaltet sich beim Abkühlen in freie Kieselsäure und freies Metall. Kupferkies verwittert; der Schwefelgehalt wird durch Drydation zu Schwefelsäure, welche sich mit den beiden Metallen des Kiesel-s zu Eisenvitriol und Kupfervitriol verbindet. Schwefelblei wird beim Rösten zu schwefel-saurem Blei. Von den zahlreichen Fällen von Salzbildung sei nur noch auf eine hingewiesen, auf die Entstehung der Schlacken. Schlacken sind kiesel-saure Salze. Um die fast unschmelzbare Kieselsäure zu verflüssigen, die den rohen Erzen anhaftet, setzt man Kalk oder ein ähnlich wirkendes Metalloxyd zu. Es entsteht dadurch ein Salz, welches schmilzt. Oder es soll der Kupferstein angereichert werden; durch Rösten wird das Eisen oxydiert und durch Ein-

schmelzen mit passendem kiesel-saurem Zusatz als kiesel-saures Eisen „verschlackt“.

Näher auf die außerordentlich interessanten Erscheinungen einzugehen, wie die Salze sich bilden, wie sie sich zersetzen und umwandeln, ist hier nicht der Ort.

Für alle Lebewesen sind die Leichtmetallsalze unentbehrlich. Die Pflanzen ziehen Kalium, Calcium und Magnesium in Form von salz-sauren, phosphor-sauren, salpeter-sauren und schwefel-sauren Verbindungen aus dem Boden auf und verwenden sie zum inneren Aufbau. Daß dem wirklich so ist, kann man beweisen, indem man ihre Asche untersucht; daß die genannten Bestandteile nicht willkürlich, sondern notwendig aufgenommen werden, ist dadurch bewiesen, daß die Versuchspflanzen nur bei ihrer Gegenwart gedeihen. Der gewaltsame Akt des Verbrennens bewirkt naturgemäß eine Umsehung der Salze, die in der lebenden Pflanze waren. Die Asche enthält vor allem kohlen-saure Salze. Unter ihnen läßt sich das kohlen-saure Kalium am leichtesten mit Wasser ausziehen. Die Aschenlauge besitzt bekanntlich die gleichen Eigenschaften wie die Soda und wurde früher allgemein als Ersatz dafür angewendet. Das Salz erhält man in festem Zustand, wenn man die Flüssigkeit eindunstet. Man nennt es Pottasche. Die Pflanzen dienen den Tieren unmittelbar und mittelbar zur Nahrung. Damit kommen auch die Salze in den Tierkörper. Auch hier bilden sie wesentliche Bestandteile aller Organe. Kalium und Natrium sind beispielsweise im Blut, Calcium in den Knochen in großer Menge vertreten.

Für Tiere und Pflanzen sind im Gegensatz dazu die Schwermetalle Gifte. Die einzige Ausnahme macht das Eisen. Es ist wesentlich für den Aufbau des grünen Pflanzen- und roten Blutfarbstoffes. Alle anderen Schwermetalle, z. B. Kupfer, Blei oder Quecksilber, bewirken schon in kleinen Mengen alsbaldiges Auftreten von Krankheitsercheinungen oder Tod. Auch in den Werkstätten der Natur bilden also die Leichtmetalle fast ausschließlich die Träger der chemischen Kraft.

Chemische Vorgänge. Die Heizung.

Kupfer und Sauerstoff sind im Kupferoxyd fest miteinander verbunden. Weder Feuer noch Kälte, weder Hammer noch Feile sind imstande, sie auseinander zu reißen. Das Bestreben nach Vereinigung, das zwischen beiden Bestandteilen herrscht, nennt man chemische Kraft. Dieser Name besagt nun freilich gar nichts. Er ist bloß das Hilfsmittel, um sich über gewisse Vorgänge in der Natur aussprechen zu können, ohne daß man über das eigentliche Wesen, die Grundursache dieser Vorgänge aufgeklärt ist. Alle Versuche, den Schleier zu lüften, der über dem Walten dieser geheimnisvollen Kraft ausgebreitet ist, sind vergeblich gewesen. Man weiß von ihr ebenso viel oder ebenso wenig, als man von Magnetismus oder von Schwerkraft weiß: man kennt bloß ihre Wirkung. Diese freilich ist durch unzählige Versuche erprobt und untersucht worden; die Gesetzmäßigkeiten, die man dabei fand, werden auch jetzt noch durch alle tägliche Erfahrung bestätigt.

Hauptsächlich zwei Naturgesetze von unbeschränkter Gültigkeit hat man ermittelt: die Gesetze von der Erhaltung des Stoffes und der Kraft. Fällt ein Stein vermöge seiner Schwere durch die Luft herab und trifft auf eine feste Unterlage, so kommt er zur Ruhe. Er übt beim Auftreffen einen Stoß aus, welcher sich nach allen Seiten als Erschütterung fortpflanzt. Die Theilchen, aus welcher die Unterlage zusammengesetzt ist, bewegen sich also. Sie reiben sich aneinander, und als Endergebnis des Stoßes beobachtet man Wärme. Die Kraft, welche den Stein nach unten zog, hat sich also in lebendige Arbeit und in Wärme umgewandelt. Umgekehrt kann durch Wärme eine Last gehoben werden. Verschließt man eine starke Flasche mit einem gut schließenden Stopfen und erwärmt sie in heißem Wasser, so wird nach kurzer Zeit der Kork mit starkem Knall herausgetrieben. Die Wärme hat den Inhalt der Flasche ausgedehnt und dadurch

bewirkt, daß der Verschluß die Schwerkraft überwand und an die Decke ging. Mit Hilfe von Wärme können Elektrizität und Licht erzeugt werden. Umgekehrt kann man mit Elektrizität Wärme und Licht, mit Licht Wärme und Elektrizität machen. Die Thatsache, daß eine Kraft in die andere umgewandelt werden kann, hat zu der Annahme geführt, daß Wärme, Licht und Elektrizität nur in ihrer Wirkung, in ihrer äußeren Form sich unterscheiden, sonst aber ein und dasselbe sind, nämlich „Energie“. Wärme ist also eine Form der Energie. Man hat die Kraft gemessen, welche notwendig ist, um eine gewisse Arbeit auszuführen; man hat beobachtet, in was für verschiedene Kräfte sich dabei die erste Kraft umwandelt, und hat auch diese genau gemessen. Das Ergebnis bei allen derartigen Versuchen ist stets das gleiche gewesen: immer ist die ursprünglich arbeitende Kraft genau ebenso groß, wie die Gesamtheit der Arbeitsleistungen. Bei keiner Kraftäußerung geht also Kraft verloren, noch wird neue dazu gewonnen. Das Naturgesetz, welches alle diese Erscheinungen leitet, hat man als das Gesetz von der Erhaltung der Kraft bezeichnet. Es hat auch, wie man beobachtet hat, auf dem Gebiet der Chemie seine unbedingte Gültigkeit. Denn auch die chemische Kraft ist eine Form der Energie.

Quecksilber verbindet sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht mit Sauerstoff. Wird ihm dagegen eine gewisse Wärmemenge zugeführt, so erlangt es die Fähigkeit, sich zu oxydieren. Hierbei entsteht Wärme, welche man Bildungswärme genannt hat. Soll das Produkt aus Quecksilber und Sauerstoff, das Quecksilberoxyd, wieder in seine Bestandteile zerlegt werden, so muß man genau soviel Wärme zuführen, als die Bildungswärme betrug. Die Zersetzungswärme ist gleich der Bildungswärme. Sollten also z. B. 10 g Kupferoxyd nur durch Wärme in Kupfer und Sauerstoff gespalten werden, so müßte ebenso viele Wärme hinzugefügt werden, als Wärme entsteht, wenn Kupfer und Sauerstoff sich zu 10 g Kupferoxyd vereinigen. Diese Wärmemenge ist aber so bedeutend, daß man sie in Schmelzöfen nicht darstellen kann.

Ist das Gesetz von der Erhaltung der Kraft ein physikalisches zu nennen, so ist dasjenige von der Erhaltung des Stoffes rein chemischer Natur. Um 10 g Quecksilberoxyd darzustellen, ist eine gewisse Menge von beiden Bestandteilen notwendig. Wird umgekehrt die gleiche Menge Oxyd erhitzt, um

es zu zerlegen, so wiegen das Metall, das man dabei erhält, und der frei werdende Sauerstoff zusammen genau 10 g. Bei der Spaltung ist also nichts verloren gegangen, aber auch nichts hinzugekommen.

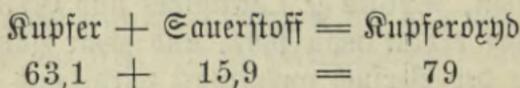
Eine brennende Kerze wird scheinbar immer leichter. Fängt man aber ihre Verbrennungsprodukte auf und wiegt dieselben, so findet man sogar noch ein größeres Gewicht, als die Abnahme der Kerze beträgt. Die Verbrennungsgase wiegen genau soviel mehr, als der Sauerstoff wiegt, der zum Brennen nötig war.

Die Regelmäßigkeit geht aber noch viel weiter. Gleichgültig, an welchem Ort und unter welchen äußeren Bedingungen man Quecksilberoxyd darstellt, stets braucht man, um 10 g Oxyd zu erhalten, 9,2602 g Quecksilber und 0,7397 g Sauerstoff. Umgekehrt erhält man stets, und zwar ganz gleichgültig, wann und wo der Versuch ausgeführt wird, aus 10 Gewichtsteilen Oxyd 9,2602 Teile Metall und 0,7397 Teile Sauerstoff.

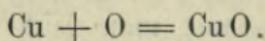
Leitet man über Kupferoxyd Wasserstoffgas und erhitzt, so vereinigt sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff des Oxyds und es entsteht Wasserstoffoxyd oder Wasser, während metallisches Kupfer zurückbleibt. Der Wasserstoff reduziert also, indem er selber oxydiert wird. Aus 10 g Kupferoxyd entstehen hierbei jedesmal 7,989 g Kupfer und 2,2638 g Wasser. Wenn man dieses durch den elektrischen Strom zerlegt, so erhält man jedesmal 2,010 g Sauerstoff und 0,253 g Wasserstoff. Der Sauerstoff des Wassers entstammt ausschließlich dem Kupferoxyd. Es sind also 2,010 g Sauerstoff in der Lage, sich mit 7,989 g Kupfer oder mit 0,253 g Wasserstoff zu vereinigen. Die gleiche Menge Sauerstoff würde sich, wie man leicht berechnen kann, mit 25,163 g Quecksilber zu 27,173 g Quecksilberoxyd verbunden haben. Wenn man nun 27,173 g Quecksilberoxyd erhitzt und das dabei entstehende Sauerstoffgas durch ein Glasrohr leitet, in welchem 7,989 g Kupfer zum Glühen erhitzt werden, so entstehen dabei genau wieder 10 g Oxyd. Es ist somit bei der Umwandlung von Quecksilberoxyd und Kupfer in Kupferoxyd und Quecksilber keine Spur verloren gegangen, aber auch nichts hinzugekommen. Die erfahrungsgemäß festgestellte Thatsache, daß bei jeder beliebigen chemischen Umwandlung das Gewicht der Ausgangsmaterialien gleich dem der erzielten Produkte ist, entspricht dem Gesetz von der Erhaltung des Stoffes.

Die Regelmäßigkeit, daß Sauerstoff sich jeweils nur mit einer ganz bestimmten Menge eines Metalls zum Oxyd vereinigt, ist so auffallend gewesen, daß man sie sehr eingehend untersucht hat. Man hat dabei herausgefunden, daß nicht bloß der Sauerstoff, sondern überhaupt jeder Grundstoff sich immer nur mit einer ganz bestimmten Menge eines anderen Grundstoffes zu verbinden vermag. Indem man nun die Verbindungszahl eines einzelnen, zunächst beliebigen Elements als Einheit annahm, berechnete man die „Verbindungs-“ oder „Atomgewichte“. Als Einheit wählt man am einfachsten den Wasserstoff, weil dieser der leichteste von allen bekannten Körpern ist.

Die Atomgewichtszahlen gestatten, jeden chemischen Vorgang rechnerisch zum Ausdruck zu bringen:



oder mit Worten: 63,1 Gewichtsteile (Gramm) Kupfer erfordern genau 15,9 Gewichtsteile Sauerstoff, um zu Kupferoxyd zu werden; es entstehen hierbei 79 Gewichtsteile des Oxyds. Um kürzer schreiben zu können, hat man für die Wörter Kupfer, Sauerstoff u. s. w. Abkürzungszeichen eingeführt, welche, um international zu sein, den Anfangsbuchstaben des wissenschaftlichen Namens entsprechen. Das Zeichen für Kupfer ist Cu (lateinisch cuprum), für Sauerstoff O (Oxygenium). Mit dem Zeichen Cu ist aber untrennbar die Zahl 63,1 verknüpft, mit O die Zahl 15,9. Die obige Gleichung kann also kurz und unter Berücksichtigung der Mengenverhältnisse geschrieben werden



Diese Gleichung gestattet nun eine ganze Anzahl Berechnungen, die für Wissenschaft und Industrie von weittragender Bedeutung sind. Um nur eine einzige herauszugreifen, sei die Frage vorgelegt: Wieviel Kilogramm reines Kupfer sind in 375 kg Kupferoxyd enthalten? CuO oder 79 kg Kupferoxyd enthalten 63,1 kg Kupfer; 1 kg Oxyd enthält den 79. Teil und 375 kg enthalten $\frac{375 \times 63,1}{79} = 299,5$ kg Kupfer.

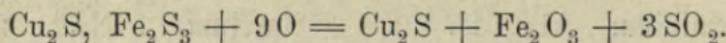
Die Zeichen und Atomgewichte (abgerundet) der wichtigsten Elemente.

Aluminium	Al	27	Natrium	Na	23
Antimon	Sb	119,5	Nickel	Ni	58,5
Arsen	As	74,5	Phosphor	P	31
Blei	Pb	205,4	Platin	Pt	193,4
Calcium	Ca	40	Quecksilber	Hg	199
Chlor	Cl	35,2	Sauerstoff	O	15,9
Eisen	Fe	56	Schwefel	S	32
Gold	Au	195,7	Silber	Ag	107
Kalium	K	39	Silicium	Si	28
Kobalt	Co	59	Stickstoff	N	14
Kohlenstoff	C	12	Wasserstoff	H	1
Kupfer	Cu	63,1	Wismut	Bi	206,5
Magnesium	Mg	24	Zink	Zn	65
Mangan	Mn	55	Zinn	Sn	118,3

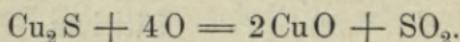
Für alle chemischen Vorgänge, welche sich in der Metallindustrie vollziehen, hat man die „Umsetzungsgleichungen“ aufgestellt. Sie ermöglichen, deutlicher als viele Worte, den Verlauf einer Reaktion rasch zu überblicken und gestatten, die theoretische Ausbeute zu berechnen. Der Vorgang, daß Bleiglanz (Schwefelblei) sich mit metallischem Eisen zu Schwefel-eisen und Blei umsetzt, wird kurz durch folgende Gleichung ausgedrückt: $\text{PbS} + \text{Fe} = \text{FeS} + \text{Pb}$. Zieht man die Atomgewichtstabelle zu Rate, so erfährt man, daß jeweils 237,4 g Bleiglanz 205,4 g Blei liefern und daß für den vollständigen Verlauf der Reaktion 56 g Eisen notwendig sind.

Viele Grundstoffe vereinigen sich mit anderen nicht in dem einfachen Zahlenverhältnis der Tabelle, sondern in einem Vielfachen davon. So kommen im Wasser 15,9 Gewichtsteile Sauerstoff nicht auf einen, sondern auf zwei Gewichtsteile Wasserstoff. Dies drückt man aus durch die Abkürzung H_2O . Im Eisenoxyd sind 2×56 Teile Eisen mit $3 \times 15,9$ Teilen Sauerstoff vereinigt; man schreibt darum die Formel des Eisenoxyds Fe_2O_3 . Für den Ungeübten erscheinen die Gesetze verwickelt, welche das Aufstellen von Gleichungen ermöglichen. Daß sie sich aber in der Praxis sehr einfach gestalten, mag folgendes Beispiel zeigen.

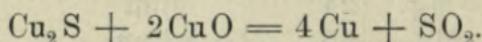
Reiner Kupferkies von der Zusammensetzung Cu_2S , Fe_2S_3 wird unter Luftzutritt geglüht. Hierbei oxydiert sich das meiste Schwefeleisen:



Die Schwefligsäure SO_2 entweicht als gasförmiges Röstprodukt. Das Eisenoxyd wird unter Zusatz von schlackenbildendem Material verflüssigt. Zurück bleibt das Schwefelkupfer, in welchem noch ein wenig Schwefeleisen fein verteilt ist. Wird jetzt nochmals geröstet, so oxydiert sich der Rest Schwefeleisen und ein Teil Schwefelkupfer



Das Kupferoxyd giebt, wenn es mit dem noch übrigen Schwefelkupfer verschmolzen wird, seinen Sauerstoff an den Schwefel ab

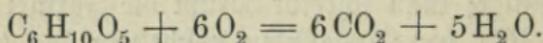


Man erhält also als Schmelzprodukt metallisches Kupfer.

Die chemischen Vorgänge, welche in der Technik eingeleitet werden, vollziehen sich in den meisten Fällen erst beim Erwärmen. Alle Heizmaterialien des Großbetriebs, Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle entstammen dem Pflanzenreich. Ihr wichtigster Bestandteil, der Kohlenstoff, wird von den lebenden Pflanzen aus der Kohlenensäure CO_2 der Luft gewonnen, indem sie daraus unter Zuhilfenahme von Wasser H_2O und unter Mitwirkung der Sonnenstrahlen den Zellstoff oder die Cellulose $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ bilden. Zugleich liefern sie eine große Menge Sauerstoff:



Der Zellstoff bildet die Hauptmasse des Holzes. Indem er sich bei Luftabschluß in der Tiefe der Erde zersetzt, sind aus ihm die Mineralkohlen entstanden. Glüht man ihn bei Luftabschluß, so hinterbleibt die Holzkohle. Wird er bei Luftzutritt verbrannt, so erhält man aus ihm wieder die Stoffe, aus denen er entstanden ist, Wasser und Kohlenensäure



Zugleich entsteht aber eine sehr große Wärmemenge. Man hat beobachtet, und berechnet, daß 1 kg Zellstoff 5150 Wärmeinheiten liefert, wobei man unter einer Wärmeinheit diejenige

Wärmemenge versteht, mit welcher man 1 kg Wasser von 0° auf 1° erwärmen kann. Nach dem Gesetz von der Erhaltung der Kraft muß aber die gleiche Wärmemenge von 5150 Einheiten von den Sonnenstrahlen aufgewandt worden sein, um 1 kg Zellstoff aus Kohlenensäure und Wasser zu bilden. In den Steinkohlen verbraucht man also die Kraft der Sonnenstrahlen, welche seit vielen Jahrtausenden in der Erde aufgespeichert ist.

Noch vor anderthalb Jahrhunderten dachte man die Kohlenlager durch vulkanische Thätigkeit entstanden. Mikroskopische Untersuchungen haben aber unzweifelhaft dargethan, daß ihr Material ausschließlich den Landpflanzen entstammt. Kleinere Lager mögen aus zusammengeschwemmtem Holz und Bruchstücken von Pflanzen entstanden sein. Die weit ausgedehnten Flöze dagegen kann man nur durch einen Pflanzenwuchs erklären, der an Ort und Stelle entstanden war und lange Zeiträume hindurch in tropischer Üppigkeit gedieh. Sumpfige Niederungen oder flache Mulden mit reichem Wasserzufluß waren hierzu erforderlich. Ab und zu überschwemmten die Flüsse das ganze Landstück und bildeten Süßwasserseen an der Stelle, wo früher der Wald war. Sand, Gerölle und Schlamm deckten den Pflanzenwuchs zu. Wenn in späteren Jahren sich das Wasser wieder verlief, gedieh im Schlamm wieder eine neue Sumpfvegetation, bis auch sie wieder verschüttet wurde. Der Wechsel mag sich oft genug wiederholt haben. Wenigstens zählt man an einzelnen Orten hundert und noch mehr Kohlenflöze übereinander, getrennt durch Lager von Thon und Schiefergestein. Die Braunkohlen gingen aus ehemaligen Torfmooren und Sumpfwäldern hervor, wie sich aus ihrer Beschaffenheit unzweifelhaft ergibt. Ebenso unzweifelhaft ist aber der Übergang von der Braunkohle zur echten Steinkohle und dem Anthracit, dergestalt, daß weder Technik noch Wissenschaft eine Grenze zu ziehen vermögen. Er findet seinen Ausdruck nicht bloß in der äußeren Beschaffenheit, vom lichteften Braun bis zum tiefsten Schwarz, sondern vor allem im chemischen Aufbau.

Gleichwie die lebenden Pflanzen bestehen die fossilen Kohlen außer einer gewissen Menge Asche aus wesentlich vier Grundstoffen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Alle unterscheiden sich aber in den Mengenverhältnissen dieser Bestandteile. Durch Versuche in kleinem Maßstab hat man gezeigt, daß starker Druck, verbunden mit erhöhter Temperatur, die Umwand-

lung bewirken kann. Dem entsprechend nimmt man an, daß Erdwärme und Gesteinsdruck die umgestaltenden Kräfte im großen Laboratorium der Natur gewesen sind. Am stärksten verändert ist der Anthracit, am wenigsten der Torf. Indem sich die Pflanzen langsam zersetzen, entweichen Kohlen säure und Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen. Zurück bleibt eine Masse, welche procentisch um so mehr Kohlenstoff enthält, je länger sie den bildenden Kräften ausgesetzt gewesen ist. Auf Grund zahlreicher Kohlenanalysen ist man zu dieser Erklärungsweise gekommen. Man erhielt im allgemeinen die folgenden Durchschnittszahlen (Neumayr, Erdgeschichte), welche die aufgestellte Theorie bestätigen mögen:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
Holz	50	6	43
Torf	59	6	33
Braunkohle . .	69	5,5	25
Steinkohle . .	82	5	13
Anthracit . .	95	2,5	2,5

Die Gase, welche bei der Zersetzung entstanden sind, konnten theils nach außen entweichen, theils sind sie in den Hohlräumen und Spalten der Kohlen mechanisch eingeschlossen. Die Kohlenwasserstoffverbindungen, hauptsächlich von der Zusammensetzung CH_4 , bilden das von den Bergleuten so sehr gefürchtete Grubengas oder die schlagenden Wetter.

Wie sich nun im Einzelnen die Zwischenprodukte gebildet haben, weiß man nicht. Sicher festgestellt ist bloß, daß die Steinkohle keinen freien Kohlenstoff enthält, sondern als Verbindung von Kohlenstoff mit Wasserstoff und Sauerstoff oder besser noch als Gemisch mehrerer solcher Verbindungen aufgefaßt werden muß.

Die erste Form, welche die vermodernden Holzreste annehmen, nennt man Torf. Er entsteht überall, wo Pflanzenreste in stehenden Gewässern langsam verfaulen. Verschiedene Arten von Torfmoos, Haidekraut und Gras, dazu Weiden- und Birkenarten liefern das Material. Auf den abgestorbenen Pflanzen wachsen neue, um nach kurzer Zeit dem gleichen Schicksal zu verfallen wie ihre Vorgänger am Platz. Die geographische Lage bedingt das Vorwalten bestimmter Pflanzengattungen. Dadurch, sowie durch Unterschiede im Alter, wird naturgemäß auch eine Verschiedenheit des Torfes hervorgerufen. Bald ist er hell und besteht aus filzig verwobenen Resten,

balb ist er braun oder schwarz und hat erdige Struktur. Außer zu Feuerungszwecken verwendet man ihn wegen seiner Fähigkeit, Flüssigkeiten aufzusaugen, als Streu in Stallungen. Seiner Zusammensetzung nach besteht er aus 50—60 % Kohlenstoff, 5—6 % Wasserstoff, 30—35 % Sauerstoff und 5—10 % unverbrennlichen Bestandteilen. Außerdem enthält er, auch wenn er scheinbar trocken ist, 10—20 % Wasser.

Aus dem Torf hat sich in der Vorzeit die Braunkohle gebildet. Die Pflanzen, welche sie zusammensetzten, sind baumartiger Natur gewesen, vor allem aus der Familie der Nadelhölzer. Die Braunkohlenlager sind in erdgeschichtlich jungen Zeiten entstanden, aber immerhin noch vor dem ersten Auftreten des Menschen. Man findet sie in allen Erdteilen. Deutschland besitzt sie in der Provinz Sachsen, in Anhalt und Südbayern, Österreich im nördlichen Böhmen und in Ungarn. Die Güte ist abhängig von Alter und Zusammensetzung. Nach dem Außern unterscheidet man faserige, erdige und blättrige Kohle; die Farbe schwankt zwischen lichthem Braun und Pechschwarz. In chemischer Hinsicht besteht gute Braunkohle aus 60—70 % Kohlenstoff, 4—5 % Wasserstoff und 5—10 % Asche. In lufttrockenem Zustand kommen hierzu noch 10—30 % Wasser. In frischem Zustande ist die Braunkohle sehr feucht. Beim Liegen an der Luft oxydiert sie sich langsam und verliert dadurch an Brennwert. Um sie für den Gebrauch handlicher und zugleich auch heizkräftiger zu machen, wird sie gemahlen, getrocknet und in Formen gepreßt. Die Stücke heißen Briquets. Man destilliert auch häufig Braunkohle unter Luftabschluß. Bei diesem Prozesse entsteht neben Leuchtgas eine besondere Art von Theer, aus welchem das Paraffin gewonnen wird.

Die Braunkohlen sind noch nicht so sehr durch Gebirgsdruck zusammengepreßt wie die Steinkohlen. Man findet gewöhnlich Lager von 5—15 m Mächtigkeit, doch sind auch 40—50 m dicke Flöze bekannt. Meistens ist es nur eine, selten mehrere Schichten, welche das ganze Lager ausmachen. Ihre Flächenausdehnung ist gering und beträgt nur wenige Quadratmeilen.

Die folgende Tabelle giebt einen Überblick über die Braunkohlenförderung des Deutschen Reiches.

Braunkohlenförderung des Deutschen Reiches.

	1862	1882	1898	
	t	t	t	Wert in Mark
Preußen	3 099 681	10 795 091	26 035 415	59 106 839
Sachsen	428 615	618 736	1 180 927	2 912 688
Bayern	50 262	17 976	51 818	182 309
Anhalt	340 795	749 138	1 332 844	3 734 059
Braunschweig	119 418	287 388	1 053 710	3 160 970
Hessen	31 968	28 249	218 334	600 292
Sachsen-Altenburg	173 321	747 488	1 701 129	3 451 004
Die übrigen Staaten	—	12 550	74 271	211 315
Zusammen	5 144 060	13 256 616	31 648 498	73 359 476

Braunkohlenförderung Deutschlands Produktion
außerhalb Deutschlands (in t). an Braunkohlen.

	1862	1882	Jahr	t	Wert i. Mk.
Berein. Staaten	20 000 000	61 834 969	1888	16 574 000	40 896 000
Frankreich	250 000	557 000	1889	17 631 000	44 349 000
Österreich	2 000 000	9 853 865	1890	19 053 000	49 769 000
Rußland	25 000	27 619	1891	20 536 000	54 166 000
Spanien	22 292	26 270	1892	21 171 000	58 506 000
Ungarn	250 000	960 000	1893	21 573 000	55 023 000
Portugal	—	4 409	1894	22 064 000	53 152 000
Italien	50 000	214 421	1895	24 788 000	58 011 000
Griechenland	5 000	6 000	1896	26 780 000	60 883 000
			1897	29 419 000	66 251 000

Die Steinkohlen sind aus Pflanzen entstanden, welche vor längst verflossenen Zeiträumen die Erde bekleidet haben. Namentlich sind es Farnkräuter, Schachtelhalme und Bärlappgewächse gewesen, deren Stämme und Blätter sich zu mächtigen Lagern ansammelten. Diese Pflanzenarten sind heute nur unscheinbare und verhältnismäßig wenig zahlreiche Gewächse; in der Vorzeit aber bildeten sie große Stämme, ähnlich den heutigen Palmen.

Die wichtigsten Fundorte sind im Deutschen Reich das pfälzer oder Saarbecken, das sich von Forbach bis nach Kreuznach hinzieht; das Becken von Aachen und Lüttich mit der Eschweiler und Bardenberger Mulde; das westfälische oder

Ruhrbecken; das schlesische Becken, das sich über die österreichische Grenze bis nach Krakau erstreckt und am reichsten im Waldenburger Kessel ist; die sächsischen Lager bei Zwickau und im Plauenschen Grund; außerdem noch einige kleinere Lager in der Provinz und dem Königreich Sachsen, sowie in Oberfranken. Osterreich hat in Böhmen Kohlenlager am Erzgebirge, bei Pilsen und bei Prag; in Ungarn bei Fünfkirchen und Steindorf, im Banat, Siebenbürgen, Istrien und Dalmatien. Frankreichs Kohlenlager sind das Becken der Loire, die Becken von Valenciennes, Creuzot, Blanzay und Aubin. Am reichsten sind Belgien und England. Das erste hat das Becken von Lüttich, das in das deutsche von Aachen übergeht, ferner das von Charleroi und Namur, sowie das von Le Mans. Die englischen Kohlengebiete lassen sich in vier Gruppen zusammenfassen. Im Süden ist das große Kohlenfeld von Südwales, an welches sich das von Bristol anschließt. In der Mitte der britischen Inselgruppe sind die Gebiete von Nordwales, Flintshire, Staffordshire, Lancashire mit den großen Industrieorten Birmingham, Manchester, Liverpool, Leeds und Sheffield. Im Norden Englands sind die Reviere von Newcastle und Cumberland. Hieran schließen sich endlich die Lager von Schottland im Gebiet des Clyde.

Viel größer als die europäischen sind die nordamerikanischen Kohlenlager. Man schätzt sie auf wenigstens zwanzigmal so groß wie die Englands und hat berechnet, daß sie noch viele Tausend Jahre ausreichen werden. Sie verteilen sich auf verschiedene Staaten der Union und sind am reichsten in Pennsylvanien und in den Alleghans. Ganz riesig sind die Kohlenfelder Chinas, über deren Ausdehnung man erst in den letzten Jahren Kunde erhalten hat. Sie sollen die amerikanischen noch um das Vielfache übertreffen und durch günstige Lagerung und gute Zugangswege ausgezeichnet sein.

Bei den Steinkohlen findet man häufig noch eine kleinere Anzahl Mineralien, deren Ursprung in engem Zusammenhang mit dem der Kohlenlager steht. Vor allem sind es zwei metallische Begleiter von großer technischer Bedeutung: der Kohleneisenstein und der Schwefelkies. In verschiedenen großen Kohlenfeldern Englands, Ungarns und Chinas, in Deutschland im Ruhrgebiet, kommt es vor, daß gleichzeitig mit der Kohle Eisenerz gefördert wird. Für die Industrie ist dies naturgemäß von großem Wert.

Es erspart teuren Transport der Rohmaterialien und gestattet darum billige Arbeit.

Weniger angenehm ist der andere Begleiter, der Schwefelkies. Er ist fast stets, aber nur in geringer Menge vorhanden und bildet dünne, messinggelbe Spaltausfüllungen oder Überzüge über versteinerte Pflanzen und Tiere. Er oxydiert sich langsam, wenn die Kohle im Freien lagert. Da er hierbei seinen Rauminhalt vergrößert, macht er die Kohle zerbröckeln und bewirkt, daß sie an Heizwert verliert. Beim Verbrennen liefert der Schwefelkies Schwefligsäure, welche die Feuerungsanlagen und Dampfkessel zerstört. Sie entweicht durch den Schornstein und verschlechtert in weitem Umkreis die Luft; hierdurch wird diese ungesund und schädigend für Menschen, Tiere und Pflanzen.

Alle Kohlengebiete zeigen hinsichtlich der Kohlenflöze und Beschaffenheit der begleitenden Felsarten große Übereinstimmung. Man schließt daraus, daß sie auch gleichartig entstanden sind. Stets findet man die Kohlen in Schichten abgelagert, welche von dunklem Schiefer und feinkörnigem Sandstein durchzogen sind. Die einzelnen Lager oder Flöze sind 1—5 m mächtig, selten mehr. Ihr Flächenraum beträgt in Westfalen bis zu 10 Quadratmeilen; in England hat man solche von 30, und in Pittsburg in Pennsylvanien gar einen von 690 Quadratmeilen ausgemessen.

Nach Färbung und innerem Gefüge unterscheidet man mehrere Steinkohlensorten. Auch in ihrer chemischen Beschaffenheit sind sie sehr wechselnd und werden dementsprechend auch in ganz verschiedener Weise verwendet. Kohlen, welche einen hohen Wasserstoffgehalt besitzen, lassen sich leicht entzünden und brennen mit leuchtender und stark rußender Flamme. Man nennt sie Flammkohlen und braucht sie in den Gasfabriken. Andere Sorten entzünden sich nur schwer und brennen mit kleiner und schwachleuchtender Flamme. Aus ihnen macht man vorwiegend Koks oder gebraucht sie als Schmiedekohlen. Unter Anthracit versteht man eine dichte, metallartig glänzende Kohle von grauschwarzer Farbe, die bis zu 98% Kohlenstoff enthält. Sie besitzt einen großen Brennwert, eignet sich aber nicht zur Gas- und Koksbereitung. Anthracit ist ein in der Hüttenindustrie sehr geschätztes Brennmaterial.

Seitdem die Dampfmaschinen immer allgemeiner sich einbürgern, nimmt der Kohlenverbrauch der Erde immer mehr zu.

Nach einer englischen Berechnung betrug er im Jahr 1880 ungefähr 320 Millionen Tonnen, vier Jahr später 406 Millionen. Die Weltproduktion an Steinkohlen betrug für das Jahr 1897 630 Millionen Tonnen und verteilt sich auf die einzelnen Staaten gemäß der folgenden Tabelle:

Steinkohlenproduktion der Welt.

	1862	1882	1896	1898
Belgien	10 057 163	17 590 989	21 252 370	21 492 446
Deutschland	15 834 398	52 118 595	111 471 106	120 474 485
England	81 638 338	158 847 476	198 487 040	205 373 631
Frankreich	4 309 622	20 046 796	29 190 000	30 798 000
Italien	—	—	276 197	314 222
Osterreich-Ungarn	2 350 000	8 094 096	33 676 411	35 939 416
Rußland	282 234	3 773 665	9 377 551	9 750 000
Schweden	53 490	249 000	225 848	224 343
Spanien	331 055	1 044 480	1 852 947	2 019 000
Afrika	500 000	200 000	1 787 908	2 003 174
Australien:				
Neu-Südwaless	—	—	3 972 068	4 453 728
Neu-Seeland	—	—	805 537	854 164
Queensland	—	—	377 322	364 142
Tasmanien	—	428 000	44 286	43 210
Victoria	—	—	230 187	240 063
Japan	300 000	931 780	5 100 005	5 500 000
Indien	500 000	2 550 000	3 909 582	4 128 137
Kanada	500 000	1 329 000	3 397 850	3 561 577
Bereinigte Staaten	15 173 409	31 859 996	170 242 657	182 216 466
Die übrigen Staaten	—	—	2 000 000	2 000 000

Deutschlands Produktion an Steinkohlen
von 1888—1897.

	t	Wert in Mark
1888	65 386 000	341 063 000
1889	67 342 000	385 080 000
1890	70 237 000	538 044 000
1891	73 715 000	589 518 000
1892	71 372 000	526 979 000
1893	73 852 000	498 395 000
1894	76 741 000	509 100 000
1895	79 169 000	538 895 000
1896	85 690 000	592 976 000
1897	91 055 000	648 939 000

Die Steinkohlenproduktion eines Landes ist maßgebend für die Metallgewinnung. Denn ohne Kohle ist ein Hüttenprozeß ebensowenig denkbar als überhaupt irgendwelche Industrie. Meistens ist hierbei die Kohle nicht bloß Heizmaterial, sondern sie dient auch als Reduktionsmittel. Sie entzieht dem Erz den Sauerstoff. Indem sie es dadurch widerstandsfähig gegen die Schlacke macht, bewirkt sie, daß es sich als Metall abscheidet. Vor allem gilt dies von den Vorgängen im Eisenhochofen. So lange man es noch nicht verstand die Steinkohle der Industrie nutzbar zu machen, heizte man die Schmelzöfen mit Holzkohlen. Man transportierte darum die Erze nach waldreichen Gegenden. Als man die Bedeutung der Gebläseluft kennen lernte, verlegte man die Schmelzplätze dahin, wo starke Wasserkraft zur Verfügung stand. Holzkohlen und Erz mußten dorthin geschafft werden. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Eisenbahnen angelegt, und dies hatte einen außerordentlich gesteigerten Verbrauch von Eisen und Stahl zur Folge, welchem die Eisenwerke nur durch Vermehrung der Hochöfen nachkommen konnten. Man benutzte jetzt statt des Wassers die Dampfkraft und machte sich so unabhängig von natürlich begünstigten Plätzen. Die Schienenstränge ermöglichten, die Erze von jedem beliebigem Ort in die Nähe der Kohlengruben zu bringen und dort zu verhütten. Jetzt ist der Kohlenreichtum eines Landes fast allein noch ausschlaggebend, ob die Eisenindustrie in ihm bestehen kann, während es auf den Erzreichtum nur noch wenig ankommt.

Sehr lehrreich ist in dieser Hinsicht eine Zusammenstellung von J. Schwarz, welche die Abhängigkeit der Eisenindustrie von der Gegenwart der Steinkohle zeigt. Die Ziffern geben die Produktion in Tonnen für das Jahr 1882 (Neumayr).

	Eisenerz	Roh Eisen	Stahl	Kohle
Großbritannien	16 627 000	8 493 287	2 259 649	156 499 977
Vereinigte Staaten	9 000 000	4 623 323	1 736 692	86 862 614
Deutschland	8 150 162	3 170 957	1 050 000	65 332 925
Frankreich	3 500 000	2 033 104	453 783	20 803 332
Belgien	250 000	717 000	200 000	17 485 000
Österreich-Ungarn	1 050 000	523 571	225 000	15 304 813
Rußland	1 023 883	448 514	307 382	3 292 212
Schweden	826 254	435 489	52 234	250 000
Spanien	5 000 000	85 939	216	847 128
Italien	350 000	25 000	2 800	182 500
Anderer Länder	1 000 000	100 000	20 000	8 000 000

Im Verhältnis dürften diese Zahlen auch heute noch richtig sein. Das kleine Belgien liefert ungefähr das Vierfache von dem an Eisen und Stahl, was es an Erz hervorbringt. Es führt von Spanien, Deutschland, Schweden und anderen Ländern Erz ein, um sie mittels seiner Kohlen einzuschmelzen. Umgekehrt liefert Spanien an Belgien, Deutschland, England und sogar Nordamerika Eisenerz. Nur ein verschwindender Teil seiner Erzproduktion wird im eigenen Land verhüttet. Spanien könnte sogar noch beträchtlich mehr Erz liefern, wenn nicht wegen des teuren Transportes die Preise gedrückt wären. Ähnliches gilt bezüglich Schwedens. Hier wäre die Ausbeute an Erzen und Stahl noch viel geringer, als die Tabelle angibt, wenn nicht die Holzkohlen aus den großen Waldungen als Ersatz für Steinkohlen herangezogen werden könnten.

Bei allen metallurgischen Operationen, bei welchen Kohle und halbfertiges Metall in unmittelbare Berührung kommen, wirken oft die Verunreinigungen der Steinkohlen in höchstem Grad störend. Namentlich gilt dies vom Schwefelkies. Als einziges natürliches Brennmaterial, das verhältnismäßig frei von Schwefel ist, kennt man das Holz. Wie aber die Erfahrung gelehrt und die Wissenschaft bestätigt hat, ist der Heizwert des Holzes gering. In lufttrockenem Zustand enthält es immer noch 10—20% Wasser, welche nicht nur zum Brennen gar nichts beitragen, sondern sogar noch Wärme aufzehren. Denn eine große Wärmemenge ist notwendig, um nur die Holzfeuchtigkeit in Dampf zu verwandeln, damit sie durch den Schornstein entweichen kann.

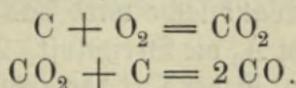
Erfahrungsgemäß wirkt außerdem der hohe Sauerstoffgehalt (42%) des Holzes schädigend auf den Wärmenutzen. Es scheint, daß er mit einem Teil des Wasserstoffs eine Verbindung eingegangen hat, gewissermaßen zu chemisch gebundenem Wasser zusammengetreten ist; beim Verbrennen muß noch die Arbeit geleistet werden, dieses Wasser zu verdunsten. Um den Heizwert zu erhöhen, verkohlt man darum das Holz. Die Holzkohle besteht aus 85—90% Kohlenstoff, 1—2% Wasserstoff, 2—4% Sauerstoff und 2—5% Asche. Außerdem enthält sie bis zu 10% Feuchtigkeit. Holzkohle liefert beim Verbrennen ungefähr 6000—7000 Wärmeeinheiten. Aus diesem Grund, und weil sie zugleich nur wenig Asche und noch weniger Schwefel enthält, ist sie ein sehr geschätzter Artikel auf

dem ganzen Gebiet der Hütten technik. Das Holzkohleneisen gilt als das beste im Handel.

Bei den heutigen Holzpreisen ist Holzkohle immerhin ein kostbares Brennmaterial. Um sie zu ersetzen, hat man aus Steinkohlen einen künstlichen Brennstoff hergestellt, die Koks. Manche Kohlen sind, abgesehen von ihrem Schwefelgehalt, zum Verfeuern in Schachtöfen schon deswegen ungeeignet, weil sie in der Hitze zusammenbacken und den Luftzug versperren. Indem man sie nun unter Luftabschluß erhitzt, verflüchtigt man die Stoffe, welche ein Zusammensintern bewirken würden. Es bleiben dann die Koks als eine harte und spröde Masse übrig, ausgezeichnet durch hohen Kohlenstoffgehalt und einen Wärmeeffekt von 7000—8000 Einheiten. Seit man die Hochöfen mit Koks heizt, ist es ermöglicht worden, sie höher zu bauen und damit die Tagesproduktion zu steigern. Als Reduktionsmittel finden sie vielfach Verwendung, namentlich infolge ihres geringen Schwefelgehaltes. Die Aschenmenge ist im allgemeinen größer als bei Steinkohlen und erreicht auch bei guten Sorten bis zu 10%.

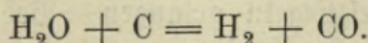
Seit einigen Jahrzehnten haben auch künstliche gasförmige Brennstoffe Eingang in die Fabriktechnik gewonnen. Man erzielt dabei hohe Temperaturen. Denn beim Brennen vermischen sich die Gase leicht mit der Brennluft und ermöglichen, den Luftzutritt genau zu regeln und jeden Überschuß fast quantitativ zu vermeiden. Hierdurch erspart man die Wärmemenge, welche sonst beim Erwärmen der überschüssigen Luft unbedingt verloren geht. Die Gasheizung ist sehr reinlich, indem weder Asche, noch Ruß und Flugstaub dabei entstehen. Sie gestattet die heißen Abfallprodukte (Kohlensäure, Luftstickstoff) in sehr vollkommener Weise zum Vorwärmen der Brennluft und der zu verbrennenden Gase auszunutzen. Sie ermöglicht auch, pulverförmige oder sonst geringwertige Brennmaterialien, wie Kohlenklein, Torfkohle, Braunkohlenkoks, mit Nutzen zu verwenden. Aus allen diesen Gründen hat sie, namentlich seit von der Firma Siemens die nach ihr benannten Siemens'schen Regenerativöfen konstruiert werden, im Großbetrieb ausgedehnte Verwendung gefunden. Wegen der erforderlichen kostspieligen Anlagen ist sie in kleineren Fabriken nicht lohnend. Dagegen bewährt sie sich in hohem Maße auf zahlreichen Hüttenwerken der Eisen- und Kupferindustrie.

Fast ausnahmslos benutzt man als Heizgas das sogenannte Generatorgas, das in eigens dazu gebauten Generatoröfen hergestellt wird. Es ist jenes Gas, welches man so oft über Steinkohlenfeuer mit blauer, züngelnder Flamme brennen sieht, jenes Gas, welches unter dem Namen Kohlendunst oder Kohlendunst wegen seiner giftigen Eigenschaften berüchtigt geworden ist. Es ist CO , ein Oxydationsprodukt des Kohlenstoffs, und entsteht bei unvollkommener Verbrennung, z. B. wenn der Ofen nicht recht zieht. Ungezündet brennt es mit blauer, nur schwach leuchtender Flamme und liefert hierbei das höchste Oxydationsprodukt des Kohlenstoffes, die Kohlenensäure CO_2 . Aus Kohlenensäure läßt es sich nachträglich wieder gewinnen, wenn man sie mittels glühender Kohlen reduziert:



Der Generatorofen ist ein Schachtofen mit Kof. Nachdem ein kräftiges Feuer in ihm entfacht ist, werden Kohlen oder Koks eingefüllt; oben wird alsdann verschlossen und Luft unten zugeführt. Als Verbrennungsprodukt entsteht zunächst Kohlenensäure. Während diese durch die glühende Füllung im Ofenschacht aufsteigt, giebt sie Sauerstoff an die Kohlen ab und wird gemäß der obigen Gleichung zu Kohlenoxyd. Dies entweicht durch den Gasabzug nach einem Behälter, sofern es nicht sofort zum Heizen verbraucht werden soll. Um von Zeit zu Zeit wieder Kohlen in den Generator füllen zu können, hat man unter dem eigentlichen Deckel einen Schieberverschluß angebracht. Der Raum über dem Schieber kann mit Kohlen gefüllt werden, ohne daß Gas entweicht oder sich mit Luft vermengt. Alsdann wird der eigentliche Deckel verschlossen. Wenn jetzt der Schieber herausgezogen wird, so stürzt die Kohle in den Ofenschacht.

Steht der Generatorofen in voller Glut, so kann auch kurze Zeit statt der Luft Wasserdampf eingeblasen werden. Wasser ist H_2O , also Wasserstoffoxyd. Dies läßt sich durch glühende Kohlen ebenso reduzieren wie Eisenoxyd oder Kohlenensäure:



Es entsteht dabei Wasserstoff und Kohlenoxyd. Da beides brennbare Gase von großem Heizwert sind, so läßt sich das

Gemisch ohne weiteres als Heizgas verwenden. Man stellt es in großem Maßstab her und hat es Wassergas genannt.

Ziemlich viel Heizgas wird auch als Abfallprodukt metallurgischer Prozesse, z. B. beim Hochofenbetrieb, als Gichtgas gewonnen und zum Heizen der Dampfmaschinen und Luft-erwärmungsapparate verwendet.

Selbstverständlich sind für Gasheizung besondere Öfen notwendig. Am meisten eingeführt sind die Regenerativöfen, so genannt, weil sie die Hitze der Verbrennungsprodukte, die sonst durch den Schornstein entweichen würde, zu regenerieren, d. h. wieder zu gewinnen gestatten. Die verschiedenen Konstruktionen im einzelnen zu beschreiben, würde zu weit führen. Der Grundgedanke jedoch ist folgender: Durch ein System A_1 von gemauerten Kanälen mit großer Wandfläche wird das Heizgas geleitet, durch ein ebensolches System A_2 die Brennlust. Da, wo beide zusammentreffen und verbrennen, ist der Ort der größten Hitze. Hier befindet sich der Schmelzraum für das Puddeleisen, den Siemens-Martin-Stahl, Tiegelgußstahl u. s. w. Als Abgase treten auf Kohlen säure, Stickstoff aus der Brennlust und Wasserdampf vom Wassergas. Alle drei sind sehr heiß. Man leitet sie durch zwei Systeme von Kanälen B_1 und B_2 , welche genau so gebaut sind wie A_1 und A_2 , nach dem Schornstein. Die Wände von B_1 und B_2 werden in kurzer Zeit glühend. Sobald dies der Fall ist, stellt ein Arbeiter die Gasleitung um, so daß das Generatorgas durch B_1 , die Brennlust durch B_2 eintritt, während die Verbrennungsprodukte jetzt durch A_1 und A_2 entweichen müssen. Gas und Luft werden also schon in den Zufuhrkanälen glühend heiß, entzünden sich, wenn sie am Ort der größten Hitze aufeinander treffen, und liefern eine viel größere Wärmemenge, als sie es ohne das Vorwärmen gekonnt hätten. Sobald A_1 und A_2 weißglühend sind, wird dann wieder umgestellt u. s. w.

Seit die Regenerativfeuerung auf Eisen- und Kupferwerken eingeführt ist, haben diese schon beträchtliche Fortschritte hinsichtlich Qualität und Quantität der erzeugten Hüttenprodukte gemacht. Heute kann man Verfahren in größtem Maßstab ausführen, welche vor zwei Jahrzehnten bloß bei Laboratoriumsversuchen in Schmelztiegeln gelangen. Bei Gasfeuerung läßt sich der Hochofenprozeß teilweise umgehen, wenn man Eisenerz mit bereits fertigem Roheisen verschmilzt. Der Sauerstoff des einen nimmt den Kohlenstoff des anderen hinweg, und es entsteht aus

Roherz, je nach Bedürfnis, gleich fertiger Stahl oder Schmiedeeisen. Indem man Roheisen mit Schmiedeeisenabfällen verschmilzt, die von der Schienenfabrikation herrühren, kann man ein Metall von genau bestimmtem Kohlenstoffgehalt erzielen, dem noch Mangan, Nickel oder Chrom beliebig zugesetzt werden kann. Gerade die Sicherheit, mit der sich während einer unbeschränkten Zeit Tag für Tag immer genau das gleiche Eisen erzielen läßt, ist für den Großbetrieb von außerordentlichem Wert. Auch auf Kupferwerken fängt man bereits an, den wechselreichen Hüttenprozeß abzukürzen, indem man Kupferstein mittels oxydischem Kupfererz anreichert. Ähnliche Versuche sind auf Bleihütten im Gang. Daß auch die übrigen Gebiete der Metallindustrie sich dem neuen Heizverfahren nicht lange mehr verschließen werden, kann jetzt schon bestimmt vorausgesagt werden.

Die Verarbeitung der Metalle.

Die Metalle werden theils auf chemischem, theils auf mechanischem Weg verarbeitet. Ersteres ist naturgemäß eine Erfindung der neueren Zeit. Die Metallpräparate des Alterthums dienten vornehmlich als Arznei- und Schönheitsmittel. Nur in den seltensten Fällen wurden sie aus den fertigen Metallen dargestellt, z. B. der Grünspan durch Behandeln von Kupfer oder Bronze mit Essig. Gewöhnlich erhielt man sie als Nebenprodukte umständlicher und verwickelter Reaktionen, die unter geheimnisvollen Umständen vollzogen wurden. Obwohl hierbei als Ausgangsmaterial billige Naturkörper dienten, war der Preis solcher Präparate oft ein ganz ungeheurer.

Der Alchemist Geber kannte verschiedene Säuren, von denen man früher nichts wußte und die von ihm entdeckt sein dürften. Indem er Metalle und natürliche Metallverbindungen in Königswasser auflöste, erhielt er die entsprechenden Chlorverbindungen, Chlorzink, Quecksilberchlorid, Eisenchlorid, Chlorgold. Damit aber wußte weder er noch seine Jünger, die ganze Schule der Alchemisten, irgend etwas technisch Brauchbares anzufangen. Sie verwandten ihre Zeit auf Künsteleien, auf das Suchen nach Gold, und verloren dadurch die praktische Bedeutung ihrer zufällig entdeckten Metallpräparate vollkommen aus den Augen. Erst Basilius Valentinus und nach ihm Paracelsus verleibten einen Teil dieser geheimnisvollen Substanzen dem Arzneischatz ihrer Zeit ein. Viele davon haben sich bis auf den heutigen Tag als Arzneimittel erhalten, z. B. Salzsäure, Salmiakgeist, Bleizucker.

Einen großen Aufschwung brachte die neu entstehende chemische Wissenschaft des 18. und 19. Jahrhunderts. Es ist hier nicht der Raum, alle die zahlreichen Erfindungen auf dem Gebiet der Soda-, Porzellan-, Glas- oder Kaliindustrie

zu besprechen. Denn bei allen diesen Fabrikbetrieben handelt es sich nicht sowohl darum, die fertigen Metalle Natrium, Kalium, Calcium, Aluminium in wertvolle Salze umzuwandeln, als vielmehr darum, die natürlich vorkommenden Salze dieser Metalle in technisch wertvollere Produkte überzuführen. Auch die reinen Schwermetalle liefern nur zum kleineren Teil das Material für die Metallpräparate. Meistens sind es auch hier die Umwandlungsprodukte der rohen Erze, welche in den Handel kommen.

Nur ausnahmsweise gewinnt man Kupferbitriol durch Auflösen von Kupfer in Schwefelsäure. Er entsteht als Nebenprodukt, wenn beim Gold- und Silberscheidungsprozess das Silber mittels metallischen Kupfers aus der schwefelsauren Lösung ausgefällt wird. Den meisten blauen Bitriol erhält man, wenn man Kupferstein röstet und mit Wasser auslaugt. Durch chemische Umsetzung des Bitriols mit gelöschtem Kalk erhält man das Kalkblau (Neuwieder Blau); wird an Stelle des Kalkes Lauge genommen und der Bitriol vorher mit Kochsalzlösung angerührt, so entsteht das etwas hellere Bremerblau, das, mit Öl abgerieben, zu Bremergrün wird. Braunschweiger Grün ist ein kohlensaures Kupfer, aus Bitriollösung mit Soda oder Kreide erhalten. Durch Zusammenschmelzen von Kupfer mit Pottasche und Schwefel entsteht ein Schwefelkupfer, welches beim Verreiben mit Öl ein dunkles Beilschenblau (Ölblau) liefert. In der Gegend von Montpellier schichtet man sauer gewordene Weintreber auf erhitztes Kupferblech. Die Treber enthalten Essigsäure. Auf dem Blech bilden sich darum Decken von essigsauerm Kupfer, welche abgekratz, mit Wasser durchgeknetet und in Formen gepreßt werden. Man erhält so den blauen Grünspan. In Grenoble bestreicht man Kupferplatten mit Essig und stellt sie an einen warmen Ort. Hierdurch erhält man eine grüne Art des Grünspans. Beide Sorten sind im Handel. Durch Umsetzung des Grünspans mit arseniger Säure entsteht das giftige, aber grell leuchtende Schweinfurtergrün, auch Kaisergrün, Mitisgrün oder Wienergrün genannt. Es wird in der Wassermalerei und zum Bedrucken der Tapeten, Rouleaux u. noch ziemlich oft verwendet, entgegen allen gesetzlichen Bestimmungen.

Indem man Dämpfe von metallischem Zink mit heißer Luft verbrennt, erhält man das Zinkoxyd. Dies kommt als

Zinkweiß in den Handel und wird als weiße Anstrichfarbe verwendet, die sich durch große Dauerhaftigkeit auszeichnet. Aus gerösteter Zinkblende laugt man den Zinkvitriol aus, den man auch direkt aus Zink und Schwefelsäure darstellen kann. Wenn man die Lösung mit Schwefelbariumlösung vermischt, erhält man eine weißpulverige Fällung, welche als dauerhafte Anstrichfarbe unter den Namen Griffiths Weiß, Zinkolith oder Lithopone verkauft wird. Durch Lösen von Zink in Salzsäure erhält man das technisch wichtige Chlorzink. Es wird in großen Mengen zum Imprägnieren der Holzschwellen verwendet.

Aus Zinn und Salzsäure stellt man eine Anzahl für die Färberei und Rattendruckererei unentbehrlich gewordener Reduktionsmittel und Beizen her; sie werden Zinnsalz, Rosiersalz, Pinksalz, Präpariersalz, Grundiersalz genannt. Zur unechten Vergoldung verwendete man früher vielfach das sogenannte Ruffingold, ein Schwefelzinn, das durch Erhitzen von Zinn mit Schwefel, Quecksilber und Salmiak erhalten wurde.

Reines Blei wird in verschiedener Weise chemisch aufgearbeitet. Schon auf der Bleihütte wird gelegentlich der Raffination ein sehr großer Teil oxydiert und kommt als Bleiglätte oder Silberglätte in den Handel. Das ganz reine Bleioxyd ist ein zartes gelbes Pulver und wird Massicot genannt. Man braucht es vielfach in der Glasindustrie, um Glasuren auf Thonwaren zu erzeugen und um die übrigen Bleipräparate herzustellen. Indem man es vorsichtig unter Luftzutritt erhitzt, erhält man die Mennige, in ihrer feinsten Nummer Drangemennige oder Pariserröth genannt. Sie bildet ein ziegelrotes Pulver, das als Farbe, in der Glasfabrikation und als Kitt Anwendung findet. Aus der Mennige erhält man durch Behandeln mit Salpetersäure das braune Bleisuperoxyd, welches in der Bündholzfabrikation gebraucht wird. Bleioxyd löst sich in Essigsäure; man erhält so den Bleieffig und Bleizucker, zwei für Medizin und Färberei wichtige Präparate. Wird in eine Lösung von essigsaurem Blei Kohlensäure eingeleitet, so entsteht das kohlen-saure Blei oder Bleiweiß, ein Körper, welcher mit Öl eine gutdeckende Malerfarbe liefert. Beim Glühen an der Luft wandelt er sich in Mennige um. Nach dem ältesten oder holländischen Verfahren gewinnt man das Bleiweiß aus dem reinen Metall, indem man dasselbe in dünnen, spiralig gerollten Platten in irdene Töpfe stellt, deren

Boden mit saurem Bier bedeckt ist. Die Töpfe werden lose verschlossen in Dünger eingegraben und sich selbst überlassen. Indem der Dünger gärt, entsteht Wärme und Kohlensäure. Die Dämpfe des sauren Bieres zerfressen das Blei und es entsteht zunächst essigsaures Blei. Auf dieses wirkt die Kohlensäure ein und fällt die Farbe aus. Das Bleiweiß wird auch noch auf verschiedene andere Art hergestellt; in Deutschland beispielsweise werden Bleiplatten in geheizten Kammern aufgehängt, in welchen sich Essig befindet und in welche feuchte Luft, Essigdämpfe und Kohlensäure eingeleitet werden. Wenn man essigsaures Blei auflöst und mit einer Lösung von chromsaurem Kali vermischt, so entsteht ein gelber Niederschlag, welcher getrocknet wird und als Chromgelb in den Handel kommt. Je nach der Art, wie die Flüssigkeiten zusammengegeben worden, entstehen Farben vom grellsten Schwefelgelb bis zum schönsten Hochrot.

Silber und Gold braucht man in ziemlicher Menge in Form von Salzen. Das erste löst man in Salpetersäure und erhält so den als Arzneimittel gebräuchlichen Höllestein oder Silberfalspeter. Wird derselbe in Wasser aufgelöst und mit einer Lösung von Kochsalz, Bromnatrium oder Jodkalium vermischt, so entstehen die stark lichtempfindlichen Silbersalze: Chlor Silber, Brom Silber, Jod Silber. Alle drei finden beim Photographieren Verwendung. Chlorgold und Chlorplatin, beide aus dem gediegenen Metall mittels Königswasser erhalten, braucht man beim Abtönen der Lichtbilder sowie in der Glas- und Porzellanmalerei. Aus gediegenem Quecksilber stellt man zwei Chlorverbindungen her, das Sublimat und das Kalomel. Das eine benutzt man zum Imprägnieren des Holzes (Rhyanisieren) sowie als antiseptisch wirkenden Stoff, das andere in der Medizin. Durch Zusammenreiben von Quecksilber mit Schwefel und nachheriges Sublimieren gewinnt man den als Malerfarbe hochgeschätzten Zinnober.

Das Kobaltblau oder die Smalte wird nicht aus dem gediegenen Metall hergestellt, sondern aus dem Oxyd durch Verschmelzen mit Sand. Auch die zahlreichen Chromfarben gewinnt man niemals aus dem Chrom selbst, sondern aus einem Oxydationsprodukt desselben, der Chromsäure. Diese selber erhält man in Form ihres Kaliumsalzes aus dem Chromeisenstein, indem man ihn mit Kalk und Pottasche glüht.

Doppelchromsaures Kali findet ausgedehnte Verwendung zur Herstellung der Chromfarben, sowie als Oxydationsmittel in der Teerfarbenindustrie und Färberei. Wenn man es in Wasser löst und Chlorbaryum hinzugießt, so erhält man Baryumchromat, auch gelbes Ultramarin und Steinbühler Gelb genannt. Mit Bleiessig entsteht das Chromgelb, mit Zinkvitriol das Zinkgelb. Durch Mischen von gelben Chromfarben mit Berlinerblau entstehen verschiedene Chromgrüne. Das echte Chromgrün ist aber Chromoxyd, welches man durch Glühen von chromsaurem Ammoniak erhält.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, werden gediegene Metalle fast nur dann chemisch weiter verarbeitet, wenn es sich darum handelt, reine Mineralfarben zu gewinnen. Die Erze oder halbfertigen Produkte wären hierzu meistens schon deshalb nicht zu brauchen, weil sie noch fremde Metalle enthalten, welche die Farbnuance verändern würden. Immerhin ist aber diese chemische Verarbeitung verschwindend gering gegenüber der mechanischen.

Sie setzt in dem Augenblick ein, wo das reine Metall aus dem Schmelzofen abgelassen wird und dauert fort, bis aus ihm die marktfähige Ware entstanden ist. Durch sie wird das Blockmetall umgewandelt in Stangen, Blech und Barren, d. h. in die Formen, welche das Groß- und Kleingewerbe als Ausgangsmaterial gebrauchen zur Herstellung aller Metallgerätschaften. Diese Formen, die eigentlichen Rohstoffe der Metallindustrie im engeren Sinn, werden aus dem fertigen Metall gewonnen durch Gießen, durch Walzen und durch Schmieden.

Die Gießerei ist ein uraltes Gewerbe, das bereits in vorgeschichtlicher Zeit ausgeübt wurde. Die Phöniciere gossen schon vor drei Jahrtausenden kleinere Gegenstände aus Bronze und trieben damit einen schwungvollen Handel. Namentlich waren die Beile und Schwerter, Lanzen- und Pfeilspitzen vielbegehrte Artikel. Doch auch andere Gussarbeiten wurden ausgeführt, z. B. für den salomonischen Tempelbau. Von den Phöniciern lernten es bald die Griechen. Die berühmtesten Meister dieser Zeit waren Glaukos von Chios, Rhökos und Theodoros von Samos. Die Gießerei ging von den Griechen auf die Römer über. Die römischen Produkte waren vornehmlich Waffen und Kunstgegenstände. Vielleicht ist in Rom neben der Bronze auch schon Zinn gegossen worden. In und nach der Völkerwanderung

ging auch dieses Kunstgewerbe völlig verloren, wie so viele andere. Man beschränkte sich ausschließlich auf den Guß von Glocken. Erst seit dem 10. Jahrhundert begann wieder ein Aufschwung, und zwar vornehmlich in Deutschland. Bedeutende Gußwerke aus Bronze, Gold und Silber werden im Dom von Hildesheim aufbewahrt, welche Bischof Bernhard um das Jahr 1000 daselbst anfertigen ließ. Durch die Erfindung des Schießpulvers wurde ein neues Gewerbe begründet, die Kanonengießerei. Die erste Kriegsmaschine dieser Art wurde in Nürnberg gefertigt und stammt aus dem Jahr 1372.

Um die gleiche Zeit mag auch die Eisengießerei aufgekomen sein. Ihre ersten größeren Erzeugnisse waren Kanonenkugeln. Gußeiserne Geschütze sind erstmals aus dem Hussitenkriege bekannt. Erst seit der Mitte des 15. Jahrhunderts ist der Eisenguß Handelsware. Im fernen Ostasien war es allerdings schon viel früher erfunden, wie eine 13 m hohe eiserne Pagode aus dem 8. Jahrhundert v. Chr. beweist. Bei der Abgeschlossenheit des chinesischen Reiches ging jedoch diese frühe Erfindung für Europa vollkommen verloren.

Im 13. Jahrhundert kam in Deutschland der Zinnguß auf und gelangte hauptsächlich in Nürnberg zu hoher Blüte. Wahrscheinlich stammt er aus Italien und ist so vielleicht eine unmittelbare Erbschaft aus der Römerzeit. Durch die Erfindung des Porzellans sind die Zinngeräte verdrängt worden. Das moderne Besteckmetall sind Christofle, Britannia, Argentan und ähnliche Legierungen. Mit ihrer Herstellung und Verarbeitung beschäftigen sich zahlreiche Fabriken mit vielen Arbeitern.

Das neueste Ereignis der Eisengießerei ist der Stahlguß. In großem Maßstab wird er erst seit der Mitte des 19. Jahrhunderts ausgeführt. Die Geschichte seiner Erfindung ist untrennbar mit dem Namen Krupp in Essen verbunden.

Gewöhnlich sind die Gußstücke für den Massenvertrieb bestimmt.

Man schmilzt in Tiegeln und auf Schmelzherden. In Tiegeln schmilzt man gewöhnlich Stahl, Neusilber, Britannia, Messing, Gold, Silber zc. und bedarf dazu gut ziehender Windöfen oder beim Großbetrieb der Regenerativfeuerung. Schmelzherde verwendet man für Eisen, Kupfer und Bronze. Sie sind gewöhnlich als Rundöfen mit Sammelstelle für das flüssige Metall konstruiert, seltener als Flammöfen.

Die Form stellt man aus schwer schmelzbarem Material her. Gewöhnlich nimmt man hierzu Sand oder Lehm, in besonderen Fällen auch Metall. Zur Anfertigung der Stereotypdruckplatten gießt man das Buchstabenmetall in Formen aus Papier. Bleisoldaten und dergl. werden in Serpentinformen gegossen. Da das flüssige Metall beim Abkühlen sich etwas zusammenzieht oder „schwindet“, muß das „Schwindmaß“ beim Herstellen der Form berücksichtigt werden. Dieses beträgt bei Gußeisen $\frac{1}{97}$, bei Messing $\frac{1}{64}$, bei Bronze $\frac{1}{77}$, bei Blei $\frac{1}{92}$, bei Zinn $\frac{1}{147}$ in jeder Richtung des Raumes. Um die Form herzustellen, fertigt man zunächst ein Modell aus Holz oder Metall an und stampft dies in feuchten feinen Quarzsand gleichmäßig ein. Gewöhnlich ist es in mehrere Teile zerschnitten, welche einzeln geformt worden. In hohle Gußstücke legt man einen Kern, welcher dem beabsichtigten Hohlraum gleich ist. Für große Glocken wird ein Kern von Lehm angefertigt und sorgfältig geglättet; er entspricht dem Innenraum. Darüber wird alsdann eine Lage von Lehm in der gewünschten Dicke des Metalls aufgelegt und sorgfältig so ausmodelliert, wie später die Glocke aussehen soll. Diese Lehmschicht ist das Modell. Außen herum knetet man später Lehm auf und stellt so die äußere Form her. Diese wird alsdann abgehoben und, nachdem das Modell sorgfältig weggeklopft ist, wieder über den Kern gestülpt. So entsteht eine Hohlform, welche jetzt ausgegossen werden kann. Ist der Guß vollendet, so wird die Form zerbrochen und das Gußstück herausgenommen. Formen aus Metall führen den Namen Schalen oder Coquillen und sind aus Gußeisen oder Stahl. Wird Eisen in sie hineingegossen, so kühlt sich dasselbe sehr schnell ab und bekommt dadurch an der Oberfläche eine außerordentlich große Härte. Solche Gußstücke heißen Hartguß. Sind nur einzelne Teile der Form von Metall, so entsteht ein Gußstück, welches harte und weiche Stellen besitzt. Damit der Guß nicht blasig wird, gießt man manchmal unter hohem Druck, indem man nach dem Eingießen die Form luftdicht schließt und Wasserdampf oder flüssige Kohlensäure einleitet.

Außer der Eingießstelle sind an der Form auch noch Abzuglöcher für die Luft und die Dämpfe. Wenn der Arbeiter das flüssige Metall aus der Gießkelle in die Form leert, entweicht aus den Löchern reichlich Dampf, herrührend von dem

feuchten Sand; eine kleine Flamme schlägt heraus, wenn die Form mit Kohlenpulver ausgestäubt war. Sind die Gußstücke völlig erstarrt, so werden sie aus der Form herausgenommen und vom anhängenden Sand mit Bürsten, Meißel, Schleifstein und Feile von Gußzapfen, Gußnäthen zc. gereinigt.

Das Gießen hat den großen Vorzug, daß das Metall in kurzer Zeit die gewünschte Form erhält. Notwendig muß aber ein sehr sorgfältig ausgearbeitetes Modell hergestellt werden, das in den meisten Fällen für beliebig viele Abgüsse ausreicht. Nachtheilig ist jedoch in hohem Grad, daß die Gußwaren im allgemeinen spröder sind und weniger zäh als geschmiedete Gegenstände. Es ist dies für alle Metalle verschieden stark der Fall, am meisten beim Eisen.

Wenn die Gußstücke beim Hämmern zerspringen oder sich nicht biegen lassen, so kann die Ursache einmal darin liegen, daß Luft- oder Gasblasen eingeschlossen wurden, welche das Metall an jener Stelle besonders dünn ausfallen ließen; dieser Fall tritt namentlich dann ein, wenn der Schmelzfluß nicht dünnflüssig, d. h. heiß genug war. Gewöhnlich aber erstarren die Metalle aus der Schmelze krystallinisch. Im Einzelkrystall besteht zwar ein ziemlich enger Zusammenhang zwischen seinen aufbauenden Theilchen; aber zwei Krystalle, die nebeneinander entstehen, brechen außerordentlich leicht auseinander. Das letzte ist nun sehr oft in Gußstücken der Fall und kommt um so unangenehmer zur Wirkung, je länger die Krystalle Zeit zum Wachsen hatten, je langsamer also die Abkühlung erfolgte.

Wird aber ein Stück gegossenes Metall, z. B. Kupfer, stark glühend gemacht und dann gehämmert, so werden die Krystalle in ihrer gegenseitigen Lage verschoben. Durch die Kraft und das Gewicht des Hammers werden sie wirr ineinander gepreßt und gequetscht, gewissermaßen verfilzt. Aus dem Kupferguß wird Schmiedekupfer, das sich gut biegen läßt und sich durch größere Zähigkeit und Dichte von dem ursprünglichen Guß unterscheidet.

Älter noch als das Gießen ist die Kunst des Schmiedens. Das Kupferstück, das im Bachbett zufällig gefunden wurde, war dem Menschen erst dann eine Waffe, nachdem es mit Steinen zurechtgehämmert war. Daß es sich in glühendem Zustand besser und leichter umformen lasse, war eine Entdeckung, die vermutlich sehr früh schon gemacht worden ist. Ursprünglich

wurden nur Geräte des täglichen Gebrauches aus Metall geschmiedet. Verhältnismäßig frühzeitig mag sich das Verlangen nach künstlerischer Vollendung geltend gemacht haben. Von hier bis zur Herstellung ausgesprochener Kunst- und Schmuckgegenstände war es nur ein kleiner Schritt.

Bis zu welchem Grad der Vollendung es das Schmiedehandwerk gebracht hat, lehrt uns die Kunstgeschichte der Renaissance, der Gotik und der neuen Zeit. Nicht nur das Eisen und der Stahl kommen hierbei in Betracht: alle schmiedbaren Metalle Gold, Silber, Platin, Bronze, Kupfer werden zu Kunstgegenständen umgewandelt.

Als Werkzeuge dienen wesentlich Hammer, Zange und Amboss, die je nach dem Metall, der Größe und Art des Stückes verschieden gestaltet sind. Um die großen Blöcke auszuhämmern, welche erst für das Kleingewerbe zurecht gerichtet werden sollen, sind schwere Maschinen im Gebrauch, welche mit Wasserkraft oder Dampf betrieben werden. Von ihren wuchtigen Schlägen erzittert der Boden in weitem Umkreis. Sie sind Tag und Nacht im Gang und werden mit ihrem Getöse eine sehr unangenehme Störung für die ganze Nachbarschaft. Aus diesem Grunde werden sie in den letzten Jahren in vielen Fällen durch große hydraulische Pressen ersetzt, welche geräuschlos arbeiten.

Die Kraft, mit welcher der Hammer niedersauft, verbunden mit dem Gewicht des Hammers, übt auf die Teile des Metalls einen Druck aus. Denselben Druck erreicht man aber auch, wenn man das glühende Metall zwischen Walzen hindurchpreßt. Hier kommt die umgestaltende Kraft nicht in einzelnen Schlägen oder Stößen zum Ausdruck, sondern unablässig und gleichmäßig als Quetschung. Das Resultat beim Schmieden und Walzen ist im wesentlichen gleich. Nur werden beide bei verschiedener Gelegenheit angewendet. Wenn Gegenstände dargestellt werden, die auf eine große Strecke hin nach allen Seiten gleichmäßig fein sollen, wie Eisenblech, Eisenbalken oder Schienen, so werden sie gewalzt. Die Art und Stellung der Walze gewährleistet, daß alle Metallstücke ganz gleich ausfallen werden. Handelt es sich aber beispielsweise darum, Blumenrosetten für ein eisernes Thor anzufertigen, so müssen sie Stück für Stück einzeln ausgeschmiedet werden.

Der Grundplan bei der Anlage eines Walzwerkes ist leicht

ersichtlich. Man denke sich zwei Walzen in einem gewissen Abstand befestigt und so in Drehung versetzt, daß ihre Richtung die entgegengesetzte ist. Wird nun auf der Seite, wo die Oberflächen der Walzen gegen einander laufen, ein Körper hineingepreßt, der etwas dicker ist als der Walzenabstand beträgt, so wird derselbe durch Reibung erfaßt und zwischen den Walzen hindurchgeführt. Dabei muß er an der engsten Stelle hindurch und erleidet eine Dickenverminderung. Wenn er nun zäh und zusammendrückbar ist, ändert er infolge dieser Dickenverminderung seine Form. Er streckt sich in die Länge oder dehnt sich in die Breite, je nach Durchmesser und Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen. Wenn der Körper nicht zu sehr elastisch war, so behält er seine neue Gestalt auch nach dem Walzen bei.

Die Walzen der Metallwalzwerke bestehen aus Hartguß oder Stahl. Sie sind gewöhnlich parallel angeordnet und werden durch ein Wasserrad oder Dampfkraft angetrieben. Ihre Oberfläche ist entweder glatt cylindrisch oder mit Rinnen und Furchen versehen. Im letzten Falle werden sie Kaliberwalzen genannt. Diese bilden, da Größe und Gestalt der Rinnen ganz verschieden gewählt werden können, das beste Mittel zur Herstellung stabartiger Körper mit beliebigem Querschnitt. Namentlich die Eisenindustrie liefert und verarbeitet solche Stäbe und Balken unter den Namen Rundeisen, Winkelleisen, Bandeisen, T-Balken, Doppel I-Balken, Schienen, Draht. Die glatten cylindrischen Walzen dienen zur Herstellung plattenförmiger Gegenstände, namentlich des Blechs in allen Abstufungen der Dicke, vom dünnsten Schablonenblech bis zu den schweren Panzerplatten. Um aus den dicken Platten allmählich ein dünnes Blech zu erhalten, ist es notwendig, die Walzen immer enger zu stellen und das Walzstück immer von neuem wieder hindurchzulassen. Das Stabeisen wird durch immer engere Kaliber hindurchgezogen, bis es endlich die gewünschte Gestalt und Dicke hat. Da es nur im glühenden Zustand den nötigen Grad von Schmiegsamkeit besitzt, sind neben den Walzen große Öfen gebaut, in deren Glut die Platte oder Stange erhitzt wird. Eine ganz besondere Art von Walzwerk ist das mit schräg stehenden Walzen arbeitende, eine Erfindung von Mannesmann. Hierbei werden die Eisensfasern spiralig gelegt und so statt der Platte eine Röhre ohne Naht erhalten. Dadurch, daß man die

Schrägstellung der Walzen ändert, erhält man Röhren von beliebiger Weite. Die Mannesmann-Röhren können nachträglich durch Kaliberwalzen durchgezogen werden und dadurch einen rechteckigen oder vieleckigen Querschnitt erlangen.

Die Walzwerke haben die eigentliche Schmiedearbeit im Großbetrieb ziemlich stark verdrängt. Sie arbeiten geräuschlos und ohne starke Bodenererschütterung und liefern in kurzer Zeit eine ganz gleichmäßige Ware.

Um die Stangen, Balken und Schienen auf die richtige Länge zu zerschneiden, sind riesige Scheeren von großem Gewicht in Thätigkeit, welche aber so still und leicht die dicksten Schienen durchdringen, als gingen sie durch Seidenpapier.

Stahlwaren werden sehr häufig noch „angelassen“. Dies geschieht, indem man sie schwach glühend macht und rasch in kaltes Wasser, in Salzlösungen oder in Öl eintaucht. Dann werden sie mit Bimsstein gepulzt und auf ihre Farbe geprüft. Man hat nämlich beobachtet, daß Stahl in verschiedenen Farben „anläuft“ d. h. sich mit einer Oxidschicht überzieht. Jeder Farbe entspricht ein bestimmter Grad von Härte und Elastizität. Je niedriger die Temperatur gehalten wird, desto heller ist die Anlauffarbe, desto größer ist aber auch die Härte und Sprödigkeit. Um die richtige Temperatur zu treffen, taucht man häufig den Stahl in heiße Flüssigkeiten, z. B. schmelzende Legierungen von Zinn und Blei von bekanntem Schmelzpunkt ein (220—290°). Als höchste Wärme nimmt man die des kochenden Leinöls (316°) und des schmelzenden Bleies (334°). Welche Anlaßtemperatur im Einzelfall sich als die geeignetste erweist, ist Sache der Erfahrung.

Das Eisen, und mit ihm nur noch wenige Metalle, besitzen eine merkwürdige Eigenschaft. Werden sie in glühendem Zustand aufeinander gelegt, so lassen sie sich durch einige kräftige Hammerschläge zusammenschweißen, d. h. so vereinigen, daß man keine Trennungsfläche mehr beobachten kann. Es hat sich das eine Stück des Metalls geradezu in dem angrenzenden Stück des anderen aufgelöst, wie wenn beide flüssig gewesen wären. Diese Eigenschaft ist nun sehr wichtig. Sie gestattet, kleinere Stücke sorgfältig auszuarbeiten und mit anderen zu einem untrennbaren großen Ganzen zu vereinigen. Das Schweißen gehört zu den schwierigsten Arbeiten des Schmiedes.

Die beiden Metallstücke werden weißglühend gemacht und dann mit einem leicht schmelzenden Glasfluß, dem Schweiß-

pulver, überstreut. Das Pulver schmilzt zu einer Schlacke zusammen, welche die Oxide auflöst und die Oberfläche blank macht. Dann werden die Metallstücke passend aneinander gelegt und durch anfangs schwache, später stärkere Hammerschläge miteinander vereinigt. Die Schlacke spritzt hierbei in glühenden Funken heraus. Den richtigen Hitzeegrad zu treffen ist sehr schwer und nur durch lange Übung zu erlernen.

In neuerer Zeit hat man das Schweißverfahren auf die meisten technischen Metalle ausdehnen können durch Heizung mit Elektrizität. Das elektrische Schweißen geschieht derart, daß man die Metalle zwischen die Kohlenspitzen des Flammenbogens bringt und zum Glühen erhitzt. Ein kleiner, von einem Motor getriebener Hammer vereinigt die glühenden Flächen. Das Arbeitsstück wird selbstthätig längs der Schweißnaht durch den Flammenbogen weitergeführt, während der Hammer ununterbrochen arbeitet. Handelt es sich darum, zwei Stangen zu vereinigen, so werden die zwei Arbeitsflächen stumpf aufeinander gedrückt, dann wird ein sehr hochgespannter Strom durchgeleitet. Die Berührungsstelle bietet dem Strom einen verhältnismäßig großen Widerstand, infolge dessen sich die Elektrizität hier in Wärme umsetzt. Die beiden Metallenden werden durch Maschinenkraft aneinander gepreßt und dadurch aneinander geschmolzen.

Das elektrische Schweißen unterscheidet sich also von dem gewöhnlichen Schweißen wesentlich dadurch, daß sehr große Hitze verwendet wird. Die Metalle werden an der Berührungsstelle geradezu geschmolzen und vereinigen sich als Flüssigkeiten, die beim Abkühlen erstarren. Beim Schweißen von Eisen und Stahl auf dem Ambos dagegen vereinigen sich die Metalle in weichem Zustand, ohne daß sie geschmolzen waren. Im Flammenbogen findet eine Lötung statt.

Eine Art Schweißen ist auch die Fabrikation von Kupfer- und Messingröhren. Diese werden aus einem Blechstreifen hergestellt, dessen Breite dem Umfange des zu erzielenden Rohres entspricht. Am einen Ende wird derselbe zu einem Rohr zusammengebogen und in rotglühendem Zustand durch eine enge Öffnung gezogen. Der Streifen biegt sich zusammen und die Ränder legen sich aufeinander. Alsdann wird das Rohr weißglühend gemacht und wiederum durch eine Öffnung gezogen, die aber etwas enger ist als der Rohrdurchmesser. Hierdurch werden die Ränder des ursprünglichen Streifens sehr fest ver-

einigt. Auch schmiedeeiserne Röhren werden auf diese Weise dargestellt, soweit nicht das Mannesmannsche Schrägwalzverfahren in Anwendung kommt. Blei- und Zinnröhren werden gepreßt. Das Metall wird zu diesem Zweck in einer gußeisernen Röhre geschmolzen, welche an einem Ende durch einen dichtschießenden Kolben verschlossen ist. Das andere Ende ist verjüngt und besitzt die äußere Weite des zu erzielenden Bleirohres. Mitten durch die Verjüngung hindurch geht eine Stange vom inneren Durchmesser des Rohres. Sie ist am Kolben befestigt. Wird nun der Kolben langsam eingedrückt, so quillt das flüssige Metall am anderen Ende rund um die Stange herum ins Freie und erstarrt hier. Das Rohr wird entweder von Zeit zu Zeit abgesehritten, oder auf einer Walze aufgespelt.

Beim Löten werden zwei Metalle von gleicher oder ungleicher Art mit Hilfe eines dritten Metalls vereinigt. Wenn die Arbeitsflächen blank gepuht sind, wird Löt-pulver oder Löt-wasser aufgetragen, um alle Oxide zu lösen, die sich beim Erhitzen bilden. Als Löt-pulver verwendet man am einfachsten Borax oder Kolophonium, als Löt-wasser Salmiaklösung oder Salzsäure, in welche Zinkspäne geworfen sind. Als Lot nimmt man Metalle, die leichter schmelzen als die Arbeitsstücke. Gewöhnlich sind es Legierungen, die verwendet werden. Diese werden in flüssigem Zustand zwischen die beiden Stücke gebracht, wo sie mit den Wandungen der Fuge verschmelzen. Nach dem Erstarren halten die beiden Teile zusammen. Die Festigkeit ist abhängig von der des Lotes. Man unterscheidet Schnellote und Hartlote. Als Schnell- oder Weichlot verwendet man Legierungen von 1 Teil Wismut, 1 Teil Blei und 2 Teilen Zinn oder gleiche Teile Zinn und Blei. Das Hartlot besteht je nach Bedarf aus Kupfer und Zink, Kupfer und Zinn, Silber oder Gold mit Kupfer und Zink. Das Erhitzen nimmt man beim Weichlot mit der Stichflamme der Lötlampe vor oder mit dem Löt-kolben, einem schweren kantigen Kupferstück. Bisweilen findet auch das Lötrohr Verwendung, ein rechtwinkelig gebogenes Metallrohr, das an einem Ende eine feine Öffnung besitzt.

Um den Metallwaren ein schöneres Aussehen zu geben, wird in vielen Fällen die Oberfläche veredelt. Dies geschieht auf mannigfache Weise. Es wird z. B. Eisen verzinkt oder verzinkt, indem es in Zinn und Zink eingetaucht und poliert

wird. Das verzinnte Blech heißt Weißblech, das verzinkte wird als galvanisirt bezeichnet. Gold und Silber werden als dünne Platten auf Kupferblech oder Kupferdraht gepreßt. Silberdraht wird auf die gleiche Art mit Gold überzogen, Eisen mit Nickel. Man nennt dies das Plattieren. Gold- oder Silberamalgam werden auf Bronze und Messingwaren unter Zuhilfenahme von Quecksilbersalpeter verrieben und schließlich das Quecksilber über gelindem Feuer verdampft. Dies ist die Feuervergoldung. Auf chemischem Wege wird nach dem bereits früher beschriebenen Verfahren verzinnt. Versilbert wird auf mehrfache Weise, z. B. indem man den blanken Gegenstand mit einem Brei von Chlorsilber, Kreide, Cyankalium und Wasser einreibt. Auf galvanischem Weg wird das Metall aus einer Lösung auf den Metallgegenstand niedergeschlagen, Nickel z. B. aus schwefelsaurem Nickeloxyd-Ammoniak, Kupfer aus Cyankupfer in Cyankaliumlösung. In vielen Fällen handelt es sich nicht um eine wirkliche Veredelung, sondern nur um eine passende Farbe. Messing wird durch Weinsteinlösung hellgelb gebeizt, durch starke Salpetersäure leuchtend gelb. Mit salpetersaurem Zink in Salpetersäurelösung wird es matt. Ähnliche Farbänderungen bewirkt man auf den meisten Metallen mittels einer großen Anzahl chemischer Hilfsmittel.

Wird eine Metallplatte in eine geeignete Säure getaucht, so löst sie sich allmählich auf. Wenn aber vorher einzelne Stellen mit einer säurefesten Masse überzogen waren, so bleiben diese unverändert. Hierauf beruht die Ätzung. Die Stellen, die nicht geätzt werden sollen, werden mit Wachs oder Harz geschützt. Nach einiger Zeit treten dieselben als erhabene Zeichnungen auf der Platte hervor. Der Überzug heißt Ätzgrund.

Manche Metallwaren werden durch einen Überzug von Email verschönert oder geschützt. Dies ist ein undurchsichtiges Glas, hergestellt aus feinem Sand, Zinnoxyd, Bleiglätte und Soda. Um es zu färben, werden Braunstein, Smalte und dergleichen in geringer Menge zugesetzt. Es wird auf das Metall gelegt und durch Aufschmelzen befestigt. Das Email der Kochgeschirre muß besonders dauerhaft sein und darf an schwache Säuren kein Blei abgeben, weil es sonst giftig wirken würde. Damit es nicht so leicht abspringt, brennt man häufig zwei Emailschichten auf, von denen die oberste oder Deckmasse das eigentliche Email darstellt.

Übersicht über die Metalle.

Von der großen Zahl der Metalle sind nur die wenigen besprochen worden, welche dem Menschen im täglichen Gebrauch begegnen. Um die Übersicht über das Gesamtgebiet zu gewinnen, scheint hier der geeignete Platz, die Metalle nach den wichtigsten physikalischen Eigenschaften zu ordnen.

Die auffallendste Eigentümlichkeit ist bei den meisten Metallen das Gewicht. Den Gegensatz zwischen leichten und schweren Metallen hat die graphische Darstellung Seite 13 gezeigt. Wie sehr das Eigengewicht zu wechseln imstande ist, läßt sich noch besser aus einer Tabelle ersehen. Hierbei sind zwecks größerer Vollständigkeit auch einige Metalle aufgenommen, die bisher noch nicht genannt wurden.

Zusammenstellung einer Anzahl Metalle nach ihrem Eigengewicht.

Lithium	0,59	Nickel	8,9
Kalium	0,87	Kupfer	8,9
Natrium	0,97	Wismut	9,8
Rubidium	1,54	Silber	10,5
Calcium	1,52	Blei	11,4
Magnesium	1,77	Palladium	11,5
Aluminium	2,60	Thallium	11,8
Baryum	3,75	Quecksilber	13,55
Zink	7,15	Gold	19,3
Zinn	7,3	Platin	21,5
Eisen	7,9	Iridium	22,4
Kobalt	8,6	Osmium	22,5.

In den meisten Fällen ändert sich das Eigengewicht, wenn fremde Elemente auch nur in geringer Menge zugegen sind. In gegossenem Zustand sind manchmal die Metalle leichter als gewalzt oder gehämmert. Beides zeigt die Tabelle für Eisen (mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt) und für Kupfer.

Reines Eisen	7,85—7,88
Schmiedeeisen (ungefähr 0,5 % Kohlenstoff)	7,79—7,85
Stahl (1,5 % Kohlenstoff)	7,60—7,80
Guß Eisen weiß (ungefähr 3 % Kohlenstoff)	7,58—7,73
= grau (ungefähr 5 % Kohlenstoff)	7,03—7,13
Kupfer gegossen	8,830—8,921
= gewalzt	8,930—8,949
= gehämmert	8,919—8,959
= durch Elektrolyse gefällt	8,884—8,952

Alle Metalle sind schmelzbar. Die Temperatur, bei der sie sich verflüssigen, ist jedoch für alle verschieden. Für die Technik ist es außerordentlich wichtig, die Schmelzpunkte zu kennen. Da jedoch die Bestimmungen hoher Temperaturen ziemlich ungenau sind, schwanken die Literaturangaben beträchtlich. Nachstehende Tabelle zeigt die Schmelzpunkte der wichtigsten Metalle in Grad Celsius.

Quecksilber	39°	Silber	950—1000°
Kalium	62,5°	Gold	1035—1250°
Natrium	96°	Kupfer	1054—1330°
Zinn	226—230°	Nickel	1400—1600°
Wismut	260—270°	Guß Eisen	1100—1275°
Kadmium	315—320°	Stahl	1300—1400°
Blei	330°	Schmiedeeisen	1500—1600°
Zink	420°	Reinstes Eisen	1600—1800°
Aluminium	600—850°	Platin	1775—2000°
Magnesium	750°		

Legierungen besitzen im allgemeinen niedrigere Schmelzpunkte als die Metalle, welche sie zusammensetzen. Ein Schmelzgemisch von 15 Gewichtsteilen Wismut, 4 Teilen Zinn, 8 Teilen Blei und 3 Teilen Kadmium schmilzt bei 60°. — 3 Teile Blei und 5 Teile Zinn schmelzen bei 186°. — 40 Teile Silber und 60 Teile Gold werden bei 1020° flüssig; 40 Teile Gold und 60 Teile Platin bei 1460°. Sehr leichtflüssig ist das sogenannte Woodsche Metall, welches aus 1 Teil Kadmium, 1 Teil Zinn, 2 Teilen Blei und 4 Teilen Wismut besteht und bei 70° schmilzt.

Die Härte und Festigkeit hat man genau geprüft und gefunden, daß Blei das weichste und schwächste von allen für die Technik in Betracht kommenden Metallen ist. Die Zerrei-

festigkeit bestimmt man, indem man aus dem Metall einen Draht von einem Millimeter Querschnitt anfertigt und so lange durch angehängte Gewichte beschwert, bis der Draht reißt. Setzt man die Festigkeit des Bleies als Einheit, so erhält man folgende Tabelle (nach Fischer, chem. Technologie):

	Härte	Festigkeit		Härte	Festigkeit
Blei	1	1	Aluminium	17,3	14
Zinn	1,73	—	Kupfer	19,3	24
Gold	10,7	11	Platin	24	22
Zink	11,7	13	Schmiedeeisen	60,7	30
Silber	13,3	17	Stahl, ungehärtet	61,4	80

Nicht alle Metalle besitzen in gleich hohem Grad die Fähigkeit, einer Kraft nachzugeben und wieder in ihre Anfangslage zurückzukehren, wenn sie aus derselben gebracht werden. Diese Eigenschaft nennt man Elastizität. Spröde Körper zerspringen, wenn die Grenzlage überschritten wird, dehnbare nehmen eine neue Ruhelage an. Die Dehnbarkeit ist abhängig von der Temperatur und von der Reinheit des Materials. Außerdem wirkt in hohem Maß die Festigkeit mit und die Art, wie die Dehnung erfolgt, ob mit dem Hammer, der Walze oder dem Drahtzug.

Danach kann man die Metalle anordnen nach

Hämmerbarkeit:	Walzbarkeit:	Ziehbarkeit:
Gold	Blei	Platin
Silber	Zinn	Silber
Aluminium	Gold	Eisen
Kupfer	Silber	Kupfer
Zinn	Aluminium	Gold
Platin	Kupfer	Aluminium
Blei	Platin	Nickel
Zink	Eisen	Zink
Eisen		Zinn
Nickel		Blei.

Alle Metalle leiten Wärme und Elektrizität. Am besten eignet sich erfahrungsgemäß für Leitungszwecke das reine Silber. Bezeichnet man seine Leitfähigkeit mit 100, so beträgt die der andern Metalle (nach Erdmann):

	für Wärme	für Elektrizität		für Wärme	für Elektrizität
Silber . . .	100	100	Blei	8,4	10,7
Kupfer . . .	73,2	79,3	Platin . . .	8,4	10,3
Gold	53,2	58,5	Wismut . . .	1,8	1,9
Eisen	11,9	13,0			

Der Preis der Metalle ist naturgemäß bedingt durch Angebot und Nachfrage. Er steigt, wenn sich neue Verwendungsgebiete eröffnen, ohne daß neue Produktionsgebiete hinzukommen. Im umgekehrten Falle tritt ein Preissturz ein. Da im letzten Jahrzehnt vielfach die Produzenten sich geeinigt haben, um die Preise künstlich hoch zu treiben, ist für die folgende Zusammenstellung (nach Fischer, chem. Technologie) das Jahr 1884 gewählt. Zum Vergleich sind auch die Preise für das Jahr 1874 gegeben. Die Angaben sind der Wert für ein Kilogramm bester Sorte in Mark.

	Im Jahr 1874 Mark		Im Jahr 1884 Mark
Gold	2792	Gold	2799,9
Platin	1926	Platin	950
Magnesium	454	Kalium	170
Kalium	224	Silber	149
Silber	174	Magnesium	80
Aluminium	80	Aluminium	80
Natrium	31,28	Natrium	19
Nickel	24,44	Nickel	6,89
Quecksilber	4,30	Quecksilber	3,80
Zinn	2,30	Zinn	1,70
Kupfer	1,79	Kupfer	1,24
Blei	0,51	Zink	0,31
Zink	0,48	Blei	0,25
Flußstahl	0,24	Flußstahl	0,14
Stabeisen	0,195	Stabeisen	0,11
Roheisen	0,086	Roheisen	0,052

Als Ergänzung der Produktionsziffern, die bei den einzelnen Metallen aufgeführt sind, folgt eine Übersicht über die in Deutschland in den Jahren 1897 und 1898 geförderten Erze und Hüttenerzeugnisse. Die Zahlen bedeuten Tonnen und Mark.

	1897		1898	
	Tonnen	Wert in Mark	Tonnen	Wert in Mark
Eisenerze	15 465 999	60 088 000	15 893 246	60 809 000
Ziniferze	663 850	16 881 000	641 706	22 047 000
Bleierze	150 179	13 066 000	151 601	13 649 000
Kupfererze	700 619	19 010 000	702 781	19 685 000
Silber- und Golderze	9 708	1 453 000	12 413	1 347 000
Manganerze	46 427	461 000	43 354	447 000
Steinsalz	763 412	3 217 000	804 658	3 355 000
Kali- und Magnesiumsalze	1 946 187	26 065 000	2 208 855	29 650 000
Zinnerze	55	23 926	51	14 202
Nickel-, Kobalt-, Wis- mutterze	3 355	559 108	3 157	554 179
Uran- u. Wolframerze	38	33 468	50	46 100
Roheisen	6 864 405	349 382 000	7 215 927	374 303 000
Zink (Blockzink)	150 739	50 476 522	152 506	57 823 696
Blei (Blockblei)	118 881	28 640 554	132 742	34 222 425
Bleiglätte	3 341	854 795	3 857	1 061 985
Kupfer	29 408	30 181 506	30 695	32 728 407
Silber, rein	448 068	36 381 462	480 578	38 156 646
Gold, rein	2 781	7 737 485	2 847	7 913 410
Zinn	929	1 151 317	993	1 489 011

Der Umsatz an Erzen und Hüttenprodukten beträgt somit für Deutschland allein viele Hundert Millionen Mark. Hunderttausende von Arbeitern finden dabei ihr Brot. Um die Hüttenprodukte in marktfähige Waren umzuarbeiten, sind ebenso viele Hände notwendig; der Verkauf der fertigen Waren bedeutet wiederum einen Umsatz, der sich im Inland und Ausland auf Tausende Millionen beziffert. Mit Recht betrachtet man darum die Metallindustrie als eines der wichtigsten Erwerbsgebiete Deutschlands.

Die große Summe von Geistesarbeit, die notwendig war, um die Wege hierzu aufzufinden, die aus dem Erz zum fertigen Handelsartikel führen, bringt dem Volk ebenso großen Nutzen, wie die körperliche Arbeit selbst. Sie ist mit dem Metall untrennbar verbunden und giebt dem Rohmaterial die Weihe. Der Geist wird gebildet und geübt wie bei wenig Beschäftigungen sonst, wenn man sich in die Gedanken der Erfinder hineinzuarbeiten sucht, denen Wissenschaft und Industrie, ja das ganze Kulturleben ihr Dasein verdanken.

Das Eisenhüttenwesen erläutert in acht Vorträgen von Prof. Dr. H. Wedding. Mit 12 Figuren im Text. Geh. M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Das Eisen ist das unentbehrlichste Metall, ohne dessen Gebrauch das gegenwärtige Leben gebildeter Völker nicht zu denken ist. Wie von jedem gebildeten Menschen erwartet werden darf, daß er weiß, auf welche Weise Brot hergestellt wird, so sollte auch von jedem eine wenigstens allgemeine Kenntnis der Vorgänge vorausgesetzt werden dürfen, mittelst derer Eisen erzeugt und in seine Gebrauchsformen gebracht wird. Das ist der Gegenstand der Eisenhüttenkunde. In den vorliegenden acht Vorträgen wird das Eisenhüttenwesen in gemeinfaßlicher Weise von einem der bedeutendsten Fachmänner erörtert.

Die ständischen und sozialen Kämpfe in der römischen Republik.

Von Leo Bloch. Geh. M. 1.—, geschmackv. geb. M. 1.25.

Es giebt schwerlich einen gleich interessanten und gleich bedeutungsvollen Vorgang in der Weltgeschichte wie die Entwicklung der römischen Weltmacht. Die sozialen Erscheinungen, die inneren Kämpfe der Stände, unter denen sich die Entwicklung vollzieht und die in erster Linie agrarischen Charakter tragen, haben aber für uns heute besonderes Interesse, und so ist eine — von allem philologischen Detail absehende gemeinverständliche Darstellung dieser Kämpfe wohlberechtigt, wie sie das vorliegende Bändchen giebt.

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen. Von Ingenieur Richard Vater. Mit zahlreichen Abbildungen. Geh. M. 1.—, geschmackv. geb. M. 1.25.

Das Verständnis der immer wichtiger werdenden neueren Wärmekraftmaschinen, das heißt der Gas-, Petroleum- und Benzinmaschinen, will dies Bändchen einem weiteren Kreise zugänglich machen, sowohl dem Nichtfachmanne, wie demjenigen, der mit geringerer Vorbildung in engere oder losere Berührung mit den Maschinen gelangte, Interesse und Verständnis für die Sache erwecken. Der Zweck des Bändchens ist somit nicht ein rein technischer, sondern zugleich ein allgemein bildender. Nach einer Gegenüberstellung der älteren und neueren Wärmekraftmaschinen wird zunächst die Gasmaschine behandelt, dann die Petroleum- und Benzinmaschinen; zum Schlusse wird auf die neueste Wärmekraftmaschine, auf die Maschine von Diesel, etwas näher eingegangen.

Das Licht und die Farben. Sechs Vorträge, gehalten im Volkshochschulverein München. Von Professor Dr. L. Graëh. Mit 113 Abbildungen. Geh. M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Die Vorträge gehen von den im Druck durch die Abbildungen ersetzten wichtigsten optischen Erscheinungen aus, aus denen sie die Gesetze des Lichtes herauszuziehen und dadurch, schrittweise vom Einfacheren zum Komplizierteren fortschreitend, immer tiefer in das Wesen des Lichtes einzudringen suchen. Ausgehend zunächst von den einfachsten Erscheinungen der scheinbar geradlinigen Ausbreitung, Zurückwerfung und Brechung des Lichtes wird dann das Wesen der Farben behandelt. Die Frage nach der Natur der Seifenblasenfarben leitet zur Einführung in die Wellennatur des Lichtes. Danach wendet sich die Darstellung der Photographie zu. Die letzte Vorlesung endlich macht die Einsichten in die Natur des Lichtes präziser, indem sie das Licht als eine spezielle elektrische Erscheinung anschließt an das große Gebiet der Elektrizität.

1500
Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. F. Scheiner. Mit zahl-
reichen Abbildungen. Geh. M. 1.—, geschmackv. geb. M. 1.25.

Dieses Bändchen beabsichtigt, in allgemeinverständlicher Darstellung in das Hauptproblem der Astronomie, das auf lebhaftestes Interesse bei einem jeden Menschen rechnen darf, die Erkenntnis des Weltalls, einzuführen. Das erste Kapitel ist der Aufgabe gewidmet, den Leser an die wirklichen Verhältnisse von Raum und Zeit im Weltall zu gewöhnen, ihm hierüber eine klare Anschauung zu ermöglichen, die unbedingt zum Verständnis des Ganzen erforderlich ist. Das zweite Kapitel lehrt, wie das Weltall von der Erde aus erscheint; die drei folgenden Kapitel sind dem inneren Bau des Weltalls gewidmet, d. h. in ihnen ist die Struktur der selbstständigen Himmelskörper mit Hilfe der Spektralanalyse auseinandergesetzt. Das letzte Kapitel giebt als Schlussstein eine Lösung der Frage über die äußere Konstitution der Fixsternwelt.

Die Metalle. Von Prof. Dr. R. Scheid. Reich illustriert. Geh.
M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Das Bändchen will, ohne daß irgend welche Kenntnisse der Chemie und Gesteinkunde vorausgesetzt werden, eine Erklärung geben, wie die Metalle in der Erde sich als Erze abgesagert haben mögen und wie die Erze sich in das reine Metall umwandeln lassen; wie die Metalle auf den Hüttenwerken dargestellt werden, ist unter Beigabe von Abbildungen erklärt. In den letzten Abschnitten werden sodann die Metalle hinsichtlich ihrer Eigenschaften verglichen und das Allgemeine über Darstellung und Verarbeitung zusammenfassend erklärt.

Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. Janson. Geh.
M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Gerade jetzt, zu einer Zeit, wo unser deutsches Volk seine Blicke weit hinaus in die Ferne richtet, erschien eine den Absichten der Sammlung entsprechend im engsten Rahmen gehaltene Zusammenfassung der hauptsächlichsten Erfolge und der zunächst ins Auge genommenen Ziele der modernen systematischen Meeresuntersuchung. — Einer kurzen Darstellung der Entwicklungsgeschichte der modernen Meeresforschung und ihrer Ziele folgt eine Betrachtung der Verteilung von Wasser und Land auf der Erde, der Tiefen des Meeres, der Erhebungen seines Bodens und der ihn bedeckenden Ablagerungen. Daran schließt sich eine Behandlung der physikalischen und chemischen Verhältnisse des Meerwassers an. Den Schluß bildet eine kurze Beschreibung der wichtigsten Organismen des Meeres, der Pflanzen und Tiere, der Werkzeuge und Methoden ihres Fanges und ihrer Anpassungserscheinungen an die so eigenartigen Lebensverhältnisse der Ozeane.

Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel, Badearzt in Gräfenberg. Geh. M. 1.—, geschmackv. geb. M. 1.25.

Die Abhandlung bezweckt, in den Inhalt des ärztlichen Wissens und Könnens von einem allgemeineren Standpunkte aus einzuführen. Sie behandelt die geschichtliche Entwicklung der medizinischen Grundbegriffe, die Leistungsfähigkeit und die Fortschritte der modernen Heilkunst, die Beziehungen zwischen der Diagnose und der Behandlung der Krankheit, sowie die Grenzen der modernen Diagnostik in allgemein verständlicher Weise. Eine ausführliche Besprechung erfährt insbesondere auch das kulturgeschichtlich so interessante medizinische Sektenwesen (Homöopathie, Volksmedizin u. Naturheilkunde u. s. w.).

Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Prof. Dr. E. Günther in München. Mit einer Weltkarte. Geh. M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Wenig Zeitalter dürfen heute, wo kühne Forschungsreisen unsere Teilnahme und Bewunderung immer aufs neue erwecken, wir immer lebhafteren Anteil an der Ruhbarmachung neuer Entdeckungen nehmen, wohl in weiteren Kreisen auf so lebhaftes Interesse rechnen, wie das Entdeckungszeitalter. Von einer Übersicht über den geographischen Wissensstand des Altertums und Mittelalters ausgehend, behandelt der Verfasser dann das Entdeckungszeitalter im engeren Sinne, von dem Auftreten Heinrichs des Seefahrers, des ersten zielbewußten Organisations der Entdeckungsarbeit, bis zu den Bestrebungen der germanischen Völker, um Asien oder Amerika herum einen neuen Seeweg nach Indien zu finden; die Auffindung des Weges um das Kap der guten Hoffnung und die Begründung der portugiesischen Kolonialherrschaft in Asien, sodann die Fahrten des Columbus, die Erdumsegelung von Magalhaens, die Entdeckungen und Eroberungen der Spanier in Süd-, Mittel- und Nordamerika und endlich das Hervortreten der französischen, britischen und holländischen Seefahrer.

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Bauinspektor Curt Merkel. Mit zahlr. Abbild. Geh. M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Die „Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit“ dürfen heute auf ein weites Interesse rechnen. Das vorliegende Bändchen führt eine Reihe von hervorragenden Ingenieurbauten aus dem Gebiete des Verkehrs vor; die Gebirgsbahnen, die Bergbahnen, die transkaspische und transsibirische Eisenbahn, sowie die chinesischen Eisenbahnen gelangen zur Besprechung; die Vorläufer der Gebirgsbahnen, die bedeutenden Gebirgsstraßen der Schweiz und Tirols, andererseits die großen in Asien bereits entstandenen oder in der Ausführung begriffenen und projektierten Eisenbahnverbindungen werden eingehend geschildert, endlich in kurzen Zügen die modernen Kanal- und Hafengebäude mit den bereits zur Ausführung gekommenen Neuerungen oder den im Entwicklungsstadium befindlichen Umgestaltungen behandelt.

Die fünf Sinne des Menschen. Von Dr. Jos. Clem. Kreibitz in Wien. Mit 29 Abbild. im Text. Geh. M. 1.—, geschmackvoll geb. M. 1.25.

Der Verfasser sucht die Fragen über die Bedeutung, Anzahl, Benennung und Leistungen der Sinne in gemeinschaftlicher Weise zu beantworten. Nach einer kurzen allgemeinen Charakteristik des einzelnen Sinnesgebietes bringt er zunächst das Organ und seine Funktionsweise, dann die als Reiz wirkenden äußeren Ursachen und zuletzt den Inhalt, die Stärke, das räumliche und zeitliche Merkmal der Empfindungen zur Besprechung. Am ausführlichsten behandelt er den Gehör- und Gesichtssinn, insbesondere die Gebiete der Töne und Farben. Überall verwertet er maßvoll und selbständig die neuesten Ergebnisse der Wissenschaft.

Weitere Bändchen befinden sich in Vorbereitung.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301530

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295880