DIE NAMEN DER METALLE

MAX-PLANCK BERICHT
VERSTÄNDLICHE WISSENSCHAFT

Dierk Raabe

Max-Planck-Institut für Eisenforschung
Max-Planck-Str. 1
40237 Düsseldorf
Germany

Mai, Max-Planck-Society
http://www.mpg.de http://www.mpie.de http://edoc.mpg.de/

Kapitel 2

Omen est Nomen

Eine kleine Namens– und Metallkunde

2.1 Verwirrung in der Wissenschaft?

Die Beschäftigung mit dem Namensursprung der Metalle und Legierungen gleicht einem Streifzug durch die abendländische Wissenschaftsgeschichte. Zahlreiche Metalle bilden Gruppen mit verwandten Namen, weil sie zur gleichen Zeit entdeckt oder von denselben Wissenschaftlern getauft wurden. Dies führte dazu, daß geradezu Familien–Clans entstanden, in denen sich jeweils eine Gruppe von Metallen unter einem Motto zusammenfassen läßt. Zugegeben, dies ergibt eine andere als die von Mendelejew und Meyer im Periodensystem der Elemente erdachte Ordnung, aber gerade die Betrachtung der Metalle unter historischen Gesichtpunkten gewährt unvermutete Einblicke. Denn wie Goethe bereits bemerkte, ist die Einordnung zumindest der Mineralien auch ein wenig Sache des Geschmacks: *„Die Herren Geognosten sind wahrscheinlich froh, wenn sie irgendein eigentümliches Gestein einigermaßen schicklich untergebracht haben, wogegen aber die Natur ihr freies Spiel treibt und sich um die von beschränkten Menschen gemachten Fächer wenig kümmert.“* Immerhin war Goethe selbst ein wissenschaftlich tätiger Mineraloge und hat diese Bemerkung vermutlich nicht ohne Grund fallen lassen. Dabei ist die Entdeckungsgeschichte der Metalle ja noch keineswegs abgeschlossen – ab und zu werden nämlich von Wissenschaft-

lern neue Metalle durch Teilchenkollision künstlich erschaffen. Diese Leute sind sozusagen unsere modernen Alchimisten. Allerdings ist es unwahrscheinlich, daß diese neuen Elemente so großen Einfluß auf unser Leben erlangen werden wie Eisen, Kupfer, Gold oder Aluminium, da sie nach kürzester Zeit schon wieder in leichtere Metalle und Elementarteilchen zerfallen.

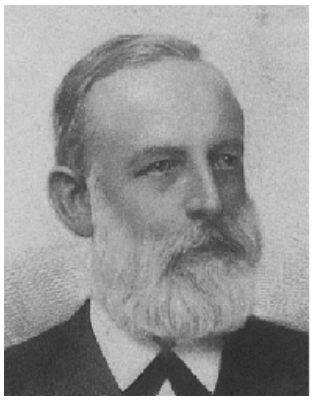


Bild 2.1: J. L. Meyer und D. I. Mendelejew, die Väter des Periodensystems.

Aber zurück zu den Namen: Zu Verwirrung gibt manchmal schon die Änderung von Namen im Lauf der Zeit Anlaß. Bei manchen Metallen gerieten frühere Entdeckungen und Namensgebungen wieder in Vergessenheit, und später fand eine zweite Taufe statt. In anderen Fällen wurden die ursprünglichen Namen aufgrund weitergehender Erkenntnisse geändert. Bisweilen stellte sich nämlich das aus einem Erz gewonnene metallische Material später als Gemisch verschiedener Metalle heraus. Oder haben Sie zum Beispiel schon von Actinium–K, Aldebaranium, Austrium, Cassiopeium, Columbium, Didymium, Erythronium, Florentinum, Glucinium, Helvetium, Illinium, Klaprothium, Krokoit, Magnium, Masurium, Menachit, Plumbum Album, Plumbum Candidum, Plumbum Nigrum, Rotem Blei, Thoron oder gar Unnilpentium gehört?

Das Wort Metall selbst ist seit dem 13. Jahrhundert im mittelhochdeutschen Sprachschatz belegt. Es geht auf das lateinische Wort *metallum* für Grube oder Bergwerk zurück. Dieses wiederum entstammt dem altgriechischen Wort *metallon* für Mine, Erzader, Grube, Schacht oder Metall. An der Herkunft und Mehrdeutigkeit des Namens ist auch die ursprüngliche Dominanz des Bergbaus bei der Herstellung von Metallen zu erkennen. Während in der Frühzeit der

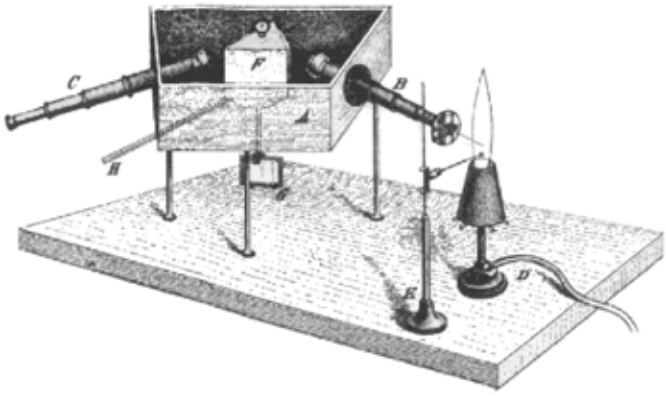


Bild 2.2: Darstellung des von Bunsen und Kirchhoff um das Jahr 1860 verwendeten Spektroskops mit Teleskop, Gasflamme und Prisma.

Metallforschung der Erzabbau und später die Metallurgie die größten Herausforderungen darstellten, sind Forscher heute zumeist mit der Neuentwicklung und Optimierung der Eigenschaften von Legierungen befaßt.

2.2 Ein Spiel der Farben

Ein besonders buntes Beispiel für Namensgebungen bei Metallen ist die Familie der *Farbenfrohen*. Dies sind Metalle, die man aufgrund bestimmter farblicher Merkmale und ihrer daraus abgeleiteten Namen zusammenfassen kann. Das trifft zunächst auf eine Reihe von Elementen zu, die Bunsen und Kirchhoff durch die Spektralanalyse entdeckten und nach den Farben ihrer intensivsten Spektrallinien benannten. Bei der Spektralanalyse wird bei hoher Temperatur, zum Beispiel in einer Gasflamme, ein Übergang von Elektronen von einem Energieniveau auf ein höheres Niveau angeregt. Beim Rückfall der Elektronen auf ihre ursprüngliche Energieschale wird aufgrund des festen Abstands der benachbarten Elektronenschalen Strahlung mit einer charakteristischen Wellenlänge abgegeben. Liegt diese Wellenlänge im sichtbaren Bereich, so ist die Strahlung mit bloßem Auge je nach Frequenz als blaues, rotes oder grünes Licht zu erkennen. Zum Zweig der *Farb–Familie* gehören Metalle wie Indium, Rubidium, Cäsium, Chrom, Rhodium, Thallium und Iridium.

Indium erbte seinen Namen vom Indigo entsprechend dem tiefen Blau seiner intensivsten Spektrallinie. Indium wurde 1863 von Reich und Richter entdeckt. Heute erfreut es sich großer Beliebtheit bei Halbleiterdesignern.

Das von Bunsen und Kirchhoff 1861 gefundene Rubidium heißt nach dem lateinischen Wort *rubidus* für Dunkelrot nach seiner roten Linie. Rubidium ist ein wachsweiches, silberweißes Metall, das sich an der Luft entzündet. Cäsium ist nach dem lateinischen Wort *caesius* für Azurblau benannt worden, da es von Bunsen und Kirchhoff aufgrund seiner blauen Spektrallinie identifiziert wurde. Cäsium versieht seinen Dienst heute überwiegend bei der Herstellung von Spezialgläsern, in der Radiologie und als Katalysator. Besondere Bedeutung kommt diesem Element als Standardzeitmaß für Atomuhren zu.

Bild 2.3: Für Manche ist Chrom der eindeutige Spitzenreiter unter den Metallen.

Zur farbenprächtigen Familie paßt auch das Chrom. Dieses Metall wurde nach dem griechischen Wort *chroma* (Farbe) benannt. Der Grund für die Namenswahl liegt in der Vielfarbigkeit seiner Verbindungen. Bereits Mitte des 18. Jahrhunderts hatten Mineralogen in Uranerzen ein neues Mineral isoliert, das sie aufgrund seiner roten Färbung Krokoit oder auch rotes Blei tauften. Der Name Krokoit geht auf das griechische Wort *krokos* (safranfarben) zurück. 1766 untersuchte der preußische Bergwerkdirektor Johann G. Lehmann eine solche Probe, die er von einer Exkursion aus Sibirien mitgebracht hatte. Er konnte allerdings nur Blei nachweisen. Erst mehr als drei Jahrzehnte später entdeckte schließlich Louis–Nicholas Vauquelin 1797 Chromoxid in den Krokoitproben und im darauffolgenden Jahr auch das Element selbst durch Reduktion von Krokoit mit Tierkohle. 1854 erhielt Bunsen das reine Metall mittels Elektrolyse aus einer Chromchloridlösung. Größere Bedeutung erlangte Chrom um die Jahrhundertwende, nachdem Goldschmidt ein Verfahren entwickelt hatte, das sich zur großtechnischen Herstellung eignete. Der Siegeszug des Chroms begann

später mit der Erfindung der rostfreien Edelstähle, die bis zu 20%[1] Chrom enthalten können. Der Physiker Benno Strauss und der Metallurge Edoard Maurer entdeckten im Jahre 1912 die rostfreien austenitischen Edelstähle in den Forschungslaboratorien der Firma Krupp in Essen. Aber auch reines Chrom hat seinen Charme. Denn mal ehrlich: Wo wäre heute so mancher Rockerclub oder Autonarr ohne dieses harte und blauschimmernde Metall?

Ein weiterer Kandidat aus dem Clan der *farbigen* Metalle ist das 1803 von Wollaston entdeckte Rhodium. Es ist das seltenste aller natürlich vorkommenden Metalle. Weltweit werden nur etwa drei Tonnen jährlich für katalytische Verwendungen gefördert. Es erhielt seinen Namen von dem griechischen *rhodeos* für rosenfarbig, bzw. *rhodon* für Rose, da wässrige Lösungen von Rhodiumsalzen häufig rosafarben sind. Das 1861 von Crookes entdeckte Thallium wurde nach dem griechischen Wort *thallos* für grüner Zweig benannt, da es eine grüne Linie in seinem Spektrum aufweist. Während Thallium früher für so charmante Aufgaben wie Rattenvergiftung und Haarentfernung eingesetzt wurde, ist es heute wegen seiner Giftigkeit aus den meisten Anwendungen verbannt.

Bild 2.4: Das Urmeter und das Urkilogramm aus Platin mit 10% Iridium.

Iridium erhielt seinen Namen nach dem griechischen Wort *irideios* für irisierend oder regenbogenfarbig. Zahlreiche seiner Verbindungen, insbesondere die Salze, sind in der Tat sehr bunt. Smithon Tennant entdeckte das Metall 1803 als Begleitelement in Platin. Iridium ist das korrosionsbeständigste aller Metalle. Nicht zuletzt aus diesem Grunde ist der in Paris als Einheitsmaß lagernde Standardmeterbarren, das sogenannte Urmeter, aus einer Legierung von 90% Platin und 10% Iridium gefertigt. Auch der Prototyp des Standard–Kilogramms besteht aus diesem Material.

[1] Legierungsgehalte werden bei Metallen üblicherweise in Gewichtsprozent angegeben.

Bei seiner Suche nach einer preiswerteren Alternative zum Urmeter aus Platin und Iridium machte der Physiker Charles Edouard Guillaume übrigens schon vor über 100 Jahren eine aufregende Entdeckung. Er fand heraus, daß eine ferromagnetische[2] Legierung aus 65% Eisen und 35% Nickel fast keine thermische Ausdehnung aufweist. Die meisten Metalle dehnen sich immerhin um etwa einen Zentimeter pro laufenden Meter zwischen Raumtemperatur und ihrem Schmelzpunkt aus. Da das Volumen seines neuen Materials bei Temperaturänderung nahezu gleich blieb, nannte Guillaume die Legierung *Invar*. Für seine Entdeckung erhielt er 1920 den Nobelpreis. Invar erlangte rasch große Bedeutung für technische Bauteile, bei denen es auf Maßhaltigkeit bei starken Temperaturschwankungen ankommt, etwa bei astronomischen und seismografischen Apparaten. Heute ist Invar ein wichtiges Material für Tanks von Flüssiggasschiffen, Chip–Basisplatten, Lasergehäuse, Bi–Metalle und Schattenmasken von Fernsehröhren. Allein der hohe Preis der Hauptlegierungselemente Nickel und Kobalt hemmt die noch breitere technische Verwendung.

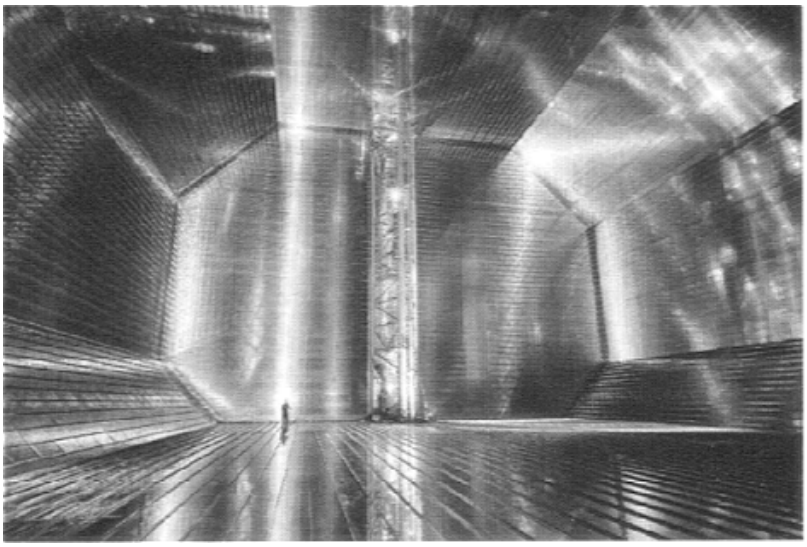


Bild 2.5: Tankinnenraum aus Invar zum Transport verflüssigter Gase.

[2]Ferromagnetismus ist eine Erscheinung, bei der eine Probe durch die weitgehende Parallelausrichtung seiner Elementarmagnete nach außen ein spontanes magnetisches Feld aufweisen kann.

2.3 Home sweet home

Viele Forscher verewigten ihre wissenschaftliche Wirkungsstätte im Namen des von ihnen entdeckten Metalls. Zu dieser Familie der *Städter* gehört eine Reihe weniger bekannter Metalle wie Berkelium, Strontium, Dubnium, Holmium, Lutetium, Hafnium, Yttrium, Terbium, Erbium und Ytterbium.

Der Name Berkelium erinnert an die US–amerikanische Universitätsstadt Berkeley, wo das Element 1949 von Thompson entdeckt wurde. Die Stadt Berkeley selbst wurde übrigens nach dem englischen Theologen Thomas Berkeley benannt, dem allerdings keine Beziehung zur Werkstoffwissenschaft nachzuweisen ist. Berkelium fällt in Mengen von nur wenigen Gramm jährlich überwiegend in Atomreaktoren an.

Strontium erhielt seinen Namen von der schottischen Kleinstadt Strontian, wo erstmals Strontiumerz gefunden wurde. Das Metall, das 1790 von Crawford in Edinburgh entdeckt wurde, hat eine sehr unterhaltsame, aber auch eine sehr schaurige Seite: Zum einen wird Strontium als Salz oft und reichlich in Feuerwerksraketen verfüllt, um zum Neujahr mit leuchtend roter Farbe zu verglühen. Auf der anderen Seite ist das beim atomaren Fallout und bei Atomkraftwerksunfällen auftretende radioaktive Isotop Strontium–90 besonders heimtückisch, da es sich im menschlichen Körper ansammelt, und zwar besonders in den Knochen kleiner Kinder.

Das Metall Dubnium wurde nach dem russischen Kernforschungszentrum Dubna benannt, wo es im Jahre 1970 entdeckt wurde. Es handelt sich um ein sehr instabiles Kunstprodukt, von dem bisher nur wenige Atome das Licht der Welt erblickten. Das 1878 entdeckte Holmium leitet sich von *Holmia*, dem lateinischen Namen Stockholms, ab. Diese Wahl wurde von dem schwedischen Entdecker des Metalls von Cleve getroffen, der gleichzeitig mit und unabhängig von den Schweizern Delafontaine und Soret das Metall isolieren konnte. Die wenigen Anwendungen von Holmium liegen überwiegend in der Herstellung von Magnetwerkstoffen.

Wer die Abenteuer von Asterix und Obelix kennt, errät natürlich sofort, daß der Name des Elements Lutetium sich von *Lutetia* ableitet, dem römischen Namen von Paris. Im Jahre 1878 hatte Marignac in dem Erz Erbia eine Substanz entdeckt, die er Ytterbia nannte. 1907 zeigten Urbain, von Welsbach und James, daß dieses Material aus zwei unterschiedlichen Oxiden bestand. Urbain taufte diese Oxide Neoytterbia und Lutecia und die neuen Elemente darin Ytterbium und Lutetium. Von Welsbach nannte die Elemente hingegen Aldebaranium und Cassiopeium. Die Namen von Urbain haben sich später durchgesetzt.

Der Name Hafnium stammt von *Hafnia*, dem lateinischen Namen der dänischen Hauptstadt Kopenhagen, wo das Element 1923 von dem Ungarn von Hevesy und dem Niederländer Coster entdeckt wurde. Der Däne Bohr hatte die Existenz von Hafnium vorhergesagt. Yttrium erhielt seinen Namen von der schwedischen Stadt Ytterby, ebendso wie auch die Metalle Terbium, Erbium und Ytterbium. Ytterby ist Spitzenreiter bei der Namenspatenschaft von Metallen, da hier einige der äußerst seltenen Erze, aus denen diese Metall gewonnen werden, erstmals gefunden wurden. Yttrium wurde 1794 von dem Finnen Gadolin aus Ytterby in dem nach ihm benannten Erz Gadolinit entdeckt. Wöhler isolierte es 1828 in unreiner Form durch Reduktion seines Chlorids. Es wird in Fernsehschirmen zur Erzeugung der roten Farbe verwendet. Einen besonderen Popularitätsschub erhielt es 1980 als einer der Hauptdarsteller in den ersten Hochtemperatursupraleitern aus Yttrium–Barium–Kupferoxid. Solche Substanzen sind bei der bis dahin unerreicht hohen Temperatur von 77 Kelvin (−196 °C) noch supraleitend, das heißt, sie transportieren elektrischen Strom ohne Widerstand. Gadolinium ist das einzigste der 81 stabilen chemischen Elemente, das nach einem Menschen benannt wurde.

2.4 Regionalpatrioten

In der Gruppe der *Regionalpatrioten* finden sich verschiedene Metalle, die den Namen einer bestimmten geographischen Region tragen. Dazu gehören etwa Scandium, Thulium, Rhenium und Californium. Aber auch Magnesium, Mangan und Kupfer lassen sich hier einordnen.

Das Metall Scandium wurde nach Skandinavien benannt. Der schwedische Chemiker Lars Fredrik Nilson entdeckte 1879 dieses Element. Vermutlich wählte er den Namen daher nach dem lateinischen Wort *scandia* zu Ehren seiner Heimat. Scandium wurde zunächst deshalb bekannt, weil man in 120 Jahren Forschung kaum eine technische Verwendungen für dieses Material hatte finden können. Seit einigen Jahren hat sich dies geändert. Insbesondere angetrieben durch jetzt bekannt gewordene russische Militärforschungen aus der Zeit des kalten Krieges werden gegenwärtig einst hochgeheime russische Aluminium–Scandium–Legierungen für Anwendungen in der Luft– und Raumfahrt sowie für Hochleistungs–Sportgeräte untersucht. In der zivilen Industrie sind einige der neuen leichten Rennradrahmen, die jüngst auf den Messen erschienen, aus solchen Werkstoffen hergestellt. Scandium wird dem Aluminium dabei nur in geringen Mengen von bis zu 2% beigemischt. Seine Aufgabe besteht dar-

in, das Gefüge des Aluminiums zu verfeinern und Grobkornbildung als mögliche Schwachstelle im Material zu unterbinden. Die Scandium–Beimischungen erhöhen die Festigkeit des Aluminiums um etwa 10%. Scandium ist ein sehr seltenes Metall. Das ergiebigste Vorkommen liegt in der Ukraine. Nur 100 Gramm Scandium sind dort in einer Tonne Erde enthalten. Der Gesamtvorrat wird auf 740.000 Tonnen geschätzt.

Das 1879 von Cleve entdeckte sehr weiche Schwermetall Thulium erhielt seinen Namen von *Thule*, der alten Bezeichnung Skandinaviens. Interessanterweise wurde als zweiter Buchstabe des chemischen Symbols Tm das *m* gewählt, das im Lateinischen zur Endung gehört und daher für die Bedeutung unwichtig ist, während die eigentlich logischere Kombination Tu frei ist. Das Symbol Th war bereits durch das Thorium belegt.

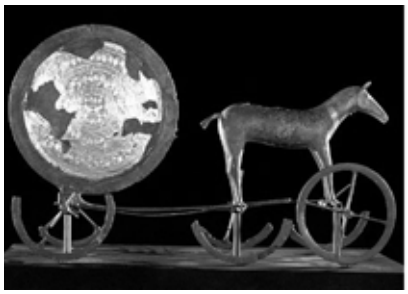
Das Metall Rhenium ist nach dem lateinischen Namen *rhenus* für den Fluß Rhein benannt. Es wurde 1925 gleichzeitig von Tacke, Berg und dem Wissenschaftlerpaar Noddack sowohl in Platinerzen als auch im Tantal– und Nioberz Columbit entdeckt. Das seltene Element wird im Schmelzpunkt nur von Wolfram übertroffen. Das Isotop Rhenium 220 entsteht als Zerfallsprodukt des natürlich auftretenden Isotops Thorium 232. Früher wurde Rhenium daher auch als Thoron bezeichnet. Industriell findet Rhenium für Katalysezwecke und in Raketenantriebssystemen Verwendung. In einem Forschungsprogramm der NASA werden Rheniumlegierungen mit Iridiumbeschichtungen für den Einsatz bei Temperaturen bis zu 2200 °C entwickelt. Der Name des Metalls Kalifornium erinnert ganz offensichtlich an den amerikanischen Bundesstaat, wo es 1950 von Thompson, Street, Ghiorso und Seaborg entdeckt wurde.

Auch die Metalle Magnesium und Mangan gehören zur Familie der Regionalpatrioten. Bereits 1755 beschrieb der schottische Chemiker Joseph Black erstmals Magnesiumsalze. Die Reindarstellung der Elemente gelang aber erst dem Engländer Davy 1808. Die noch stark verunreinigte metallische Form nannte er zunächst Magnium. Erst später erhielt das Element seinen heute gültigen Namen, um eventuellen Verwechslungen mit Mangan vorzubeugen. Namenspatron war das Magnesiumerz Magnesit. Dieses erhielt seinen Namen wiederum von der Region Magnesia in Tessalien, Griechenland. In Form von Dolomit, einem Calcium– und Magnesiumcarbonat, kommt Magnesium allerorten in Gebirgszügen vor. Aber auch weniger erfreuliche Magnesiummineralien, wie etwa das Magnesiumsilikat Asbest, haben ihren Platz in unserer Technikgeschichte. Die größte Rohstoffkammer für Magnesium sind übrigens unsere Weltmeere – immerhin befinden sich in nur einem Kubikmeter Meereswasser im Durchschnitt 1,27 Kilogramm Magnesium.

Mangan erhielt seinen Namen, genau wie das Magnesium, nach dem lateinischen Namen des Manganoxids *magnesia nigra* (schwarzes Magnesia). Dieses Mineral wird ebenfalls bei Magnesia in Griechenland gefunden. Mangan erlangte besondere Bekanntheit durch sein Vorkommen in sogenannten Manganknollen. Dies sind metallreiche Erzvorkommen, die sich am Meeresboden gebildet haben. Die kleinen kartoffelähnlichen Brocken mit einem Durchmesser von maximal 10 Zentimetern sind mittlerweile in vielen Ozeanen entdeckt worden. Die Knollen sind nicht nur reich an Mangan, sondern weisen auch hohe Gehalte der noch teureren Metalle Kobalt und Nickel auf.

Die Entstehung der 1803 erstmals von Forschern beschriebenen Manganknollen ist noch nicht eindeutig geklärt. Nach der gängigen Theorie lagern sich die im Wasser gelösten Mineralien mit der Zeit um einen Keim ab. Dieser kann zum Beispiel ein winziger Felsbrocken sein. Die Forscher gingen zunächst davon aus, daß Manganknollen Millionen Jahre zur Entstehung benötigen. Jüngst entdeckte Teile von Bierdosen in solchen Knollen lassen jedoch offensichtlich auf einen kürzeren Bildungszeitraum schließen.

Quadratkilometer große Manganknollenfelder sind kürzlich in 5000 Meter Tiefe vor der Küste Perus entdeckt worden. Viel haben sich Forscher bisher einfallen lassen, um diese Vorkommen auszubeuten. Aber weder Schleppkörbe, die von Schiffen aus über den Meeresboden gezogen und dann nach oben gehievt werden, noch mit Staubsaugern bewaffnete Roboter, die die Manganknollen einsammeln und dann über ein Rohrleitungssystem an Bord der Spezialschiffe pumpen, konnten kostendeckend arbeiten. Zu gering sind zur Zeit noch die Weltmarktpreise und zu groß der technische Aufwand.



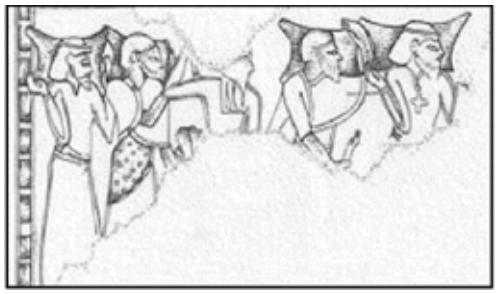


Bild 2.6: Bronzezeitlicher Sonnenwagen aus Kupfer und Gold aus Trundolm, Dänemark (links); Tributbringer mit Kupferbarren auf dem Weg zum Pharao (rechts).

Kupfer ist seit Alters her eines der wichtigsten technischen Metalle des Menschen. Es ist mindestens seit 6000 v. Chr. in Benutzung und vermutlich das älteste Gebrauchsmetall der Menschheit. Immerhin ist die Bronzezeit nach einer Legierung des Kupfers benannt. Möglicherweise ist es das erste Metall, das durch einen metallurgischen Prozeß, und zwar durch die Reduktion von Malachiterzen, gewonnen wurde. Man nimmt an, daß diese Techniken im heutigen Anatolien und Persien entwickelt wurden.

Kupfer leitet sich vom lateinischen Namen *cuprum* für die Insel Zypern ab. Dort wurde bereits in der Antike in großem Umfang Kupfererz abgebaut, verhüttet und in die gesamte antike Welt verschifft. Kupfer– und Bronzebarren, die in einigen der damals gesunkenen Handelsschiffe gefunden wurden, lassen heute bisweilen noch eine Bestimmung des ursprünglichen Abbauortes zu. Kupfer ist, ähnlich wie Eisen, stets ein sehr ökologisches Material gewesen. Von Beginn an wurden Kupfer und seine Legierungen wieder dem Bearbeitungsprozeß zugeführt, d.h. bei Bedarf erneut eingeschmolzen. Heute liegt der Anteil des in den Wertstoffkreislauf zurückgeführten Altmetalls bei etwa 45% der globalen Jahresproduktion.

Bild 2.7: Blick in die größte Kupfermine der Welt in Chile.

Viele Erfindungen der Menschheit basieren auf Kupfer und seinen Legierungen, vom Kupferstich Albrecht Dürers bis hin zum Fernsehapparat. Auch moderne Kommunikation wie Telefon, E–mail oder Fax wären ohne Kupfer kaum möglich. Elektrotechnik und Elektronik benötigen Leitungen aus Kupfer, die für den Transfer von Energie und Daten sorgen. In der Mikrochip–Herstellung

wird Kupfer zunehmend dem Aluminium vorgezogen, da es eine höhere elektrische Leitfähigkeit besitzt. Damit steigen nicht nur die Schaltgeschwindigkeiten, sondern es ergibt sich auch eine Absenkung des Energieverbrauchs und der Jouleschen Erwärmung aktiver Bauelemente. Folgen des Kupfereinsatzes sind höhere Integration und schnellere Prozessoren. Kupfer gilt als die Muse unter den Metallen. Die Astrologen verglichen Kupfer mit dem Planeten Venus. Entsprechend verbindet der abergläubische Mensch die Venuskraft des Kupfers mit den eher musischen Bereichen Kunst und Musik.

Bild 2.8: Ägyptisches Leitungsrohr aus Kupfer, in Stein verlegt (2500 v. Chr.).

Auch aus biologischer Sicht hat Kupfer eine große Bedeutung. Es ist beispielsweise im blauen Blut der Tintenfische, Schnecken und Spinnen enthalten. Die blaue Farbe kommt daher, daß das Kupferatom als Baustein des Hämocyanins in diesen Blutsorten für den Sauerstofftransport im Körper sorgt, ganz analog zum Hämoglobin mit seinem Eisenatom, welches diese Aufgabe bei Säugetieren übernimmt.

2.5 Die Landesliste

Zahlreiche Metalle wurden nach Ländern benannt, so etwa Polonium, Francium, Ruthenium, Gallium und Germanium[3]. Auch Silber gehört mit Einschränkungen in diese Rubrik. Einige andere Metalle wurden sogar in kontinentalen Rang erhoben, so beispielsweise Europium und Americium.

[3] Festes Germanium ist eher den Halbleitern als den Metallen zuzuordnen.

Polonium heißt nach *Polonia*, dem lateinischen Namen Polens. Das Element wurde 1898 von dem polnisch–französischen Wissenschaftlerpaar Pierre Curie und Marie Sklodowska–Curie entdeckt. Es war das erste radioaktive Element, das durch radiochemische Analyse gefunden wurde.

Francium wurde nach Frankreich benannt. Das 1939 von der französischen Wissenschaftlerin Marguerite Perey entdeckte Element wurde gelegentlich auch als Actinium–K bezeichnet. Es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, daß nur in Frankreich Wissenschaftlerinnen zur Entdeckung von Metallen in einer ansonsten von Männern dominierten Disziplin maßgeblich beigetragen haben. Ruthenium wurde nach dem lateinischen Namen *Ruthenia* für Rußland benannt. Es wurde bereits 1808 von Snaidecki gefunden und wieder vergessen. Im Jahre 1828 wurde es dann von Osann in Rußland wiederentdeckt. Ruthenium ist eines der seltensten Metalle auf der Erde und kommt genau wie Gold in gediegener, also reiner Form in der Natur vor. Technisch dient es vor allem zur Härtung von Platin– und Palladiumlegierungen.

Der Name Gallium entstammt der lateinischen Bezeichnung *Gallia* (Frankreich). Das Element wurde von Mendelejew vorhergesagt und 1875 von dem Franzosen Lecoq de Boisbaudran entdeckt. Nach Meinung von Sven Silow könnte Lecoq sich auch selbst verewigt haben, denn *Le coq* ist das französische Wort für *Hahn*, ins Lateinische übersetzt *gallus*. Das niedrigschmelzende Gallium (Schmelzpunkt $29,8\,^{\circ}\mathrm{C}$) ist in reiner Form metallisch, dient heute aber vor allem der Herstellung von Halbleitern auf der Basis von Galliumarsenid. Das Halbmetall Germanium trägt den lateinischen Namen von Deutschland. Es wurde 1885 in Freiberg von Winkler entdeckt, und zwar in Form eines Germanium–Silbersulfids. Mendelejew hatte es nach seinem Periodensystem vorhergesagt, mit Eigenschaften, die denen des Siliciums ähneln sollten.

Silber ist den Menschen vermutlich seit mehr als 5000 Jahren bekannt. Es ist das einzige Element in dieser Namensfamilie, welches einem Land den Namen gab und nicht umgekehrt. Der lateinische Name für Silber ist nämlich *argentum*, wovon sich Argentinien ableitet. Der Name Silber beziehungsweise *silver* im Englischen leitet sich vom angelsächsischen Wort *seolfur* ab. Während Gold das Symbol der Sonne ist, steht Silber seit den Zeiten der Alchimisten im Zeichen des Mondes. Reines Silber ist in der Natur sehr selten.

Silbererzbergbau ist schon von den frühen minoischen, mykenischen und anatolischen Kulturen Kleinasiens belegt. Auch die Griechen betrieben ihn bereits zu mykenischer Zeit. Besonders nach dem Niedergang der minoischen Kultur auf Kreta um 1600 v.Chr. und der mykenischen Kultur um 1200 v. Chr. wurde Laurium in der Nähe von Athen das Hauptproduktionszentrum für Silber.

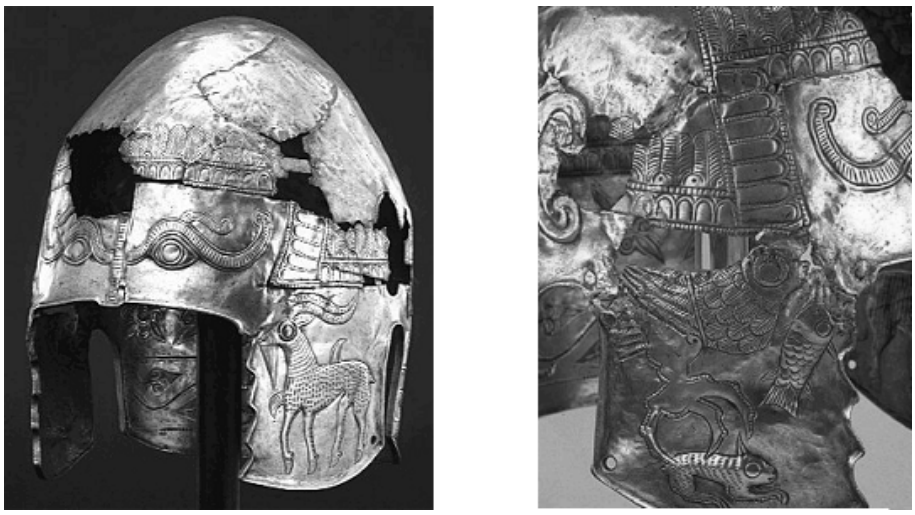


Bild 2.9: Thrakischer Silberhelm aus dem Jahre 400 v. Chr.; rechts: Detail

Die Förderquote betrug dort zur Blütezeit zwischen 300 und 600 v. Chr. immerhin etwa eine Million Trojanischer Unzen pro Jahr. Die ab etwa 650 v. Chr. aus Lydien kommend in Griechenland eingeführte Münze ließ die Nachfrage nach Silber als Währungsgrundlage stetig ansteigen. Neben der Nutzung der eigenen Silbererzvorkommen wurde das Silber aus Sizilien, Sardinien und auch aus Spanien nach Griechenland importiert, wo Bergleute bereits seit 1000 v. Chr. Silbererze abzubauen gelernt hatten. Auch aus dem Kupferland Zypern, in dem man Kupfermünzen mit einem Silberkern herstellte, wurde Silber eingeführt. Besonders verschwenderisch gingen Münzen wie das Silbertalent mit einem Gewicht von immerhin 3,7 kg mit den Silbervorräten um. Die Silberdrachme mit einem Gewicht von nur 6,2 g nahm sich als gebräuchlichste griechische Münze daneben recht bescheiden aus.

In der Nachfolge der Griechen wurde Spanien für die folgenden tausend Jahre erst unter den Karthagern und später unter den Römern bis um 476 n. Chr. das Hauptfördergebiet für Silber. Im Mittelalter wurden ab etwa 750 n. Chr. zentraleuropäische Förderstätten im Harz und im Erzgebirge bedeutsam. Ein starker Anstieg deutlich über die bereits zu antiken Zeiten geförderten Silbermengen fand erst um die erste Jahrtausendwende statt.

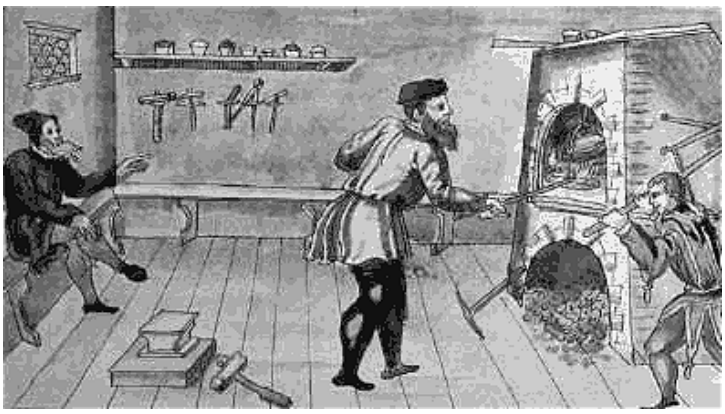


Bild 2.10: Mittelalterlicher Silberbrenner. Er überwachte für den Fürsten das Ausschmelzen des Silbererzes, untersuchte das Feinsilber und legte den Wert fest. Er achtete darauf, daß niemand zum Schaden des Landesherren heimlich Silber ausschmolz.

Das 1901 von Demarcay entdeckte Europium erhielt seinen Namen vom alten Kontinent und somit auch von der sagenhaften Königstochter Europa, die von Zeus entführt worden war und ihrerseits unserem Kontinent den Namen gab. Einer solchen Namenstaufe durften die Amerikaner natürlich nicht nachstehen und benannten das Metall Americium nach ihrem heimischen Kontinent. Americium wurde 1944 von dem US–amerikanischen Wissenschaftler Glenn Seaborg entdeckt.

2.6 Götterdämmerung

Auch diverse griechische Gottheiten und ähnliche Sagenakteure verhalfen manchem Element zu seinem Namen, zum Beispiel dem Titan, Vanadium, Thorium, Selen, Tellur, Cer, Palladium, Promethium und Gold. Auch die Metalle Tantal und Niob lassen sich in weiterem Sinne hier einordnen, denn sie tragen die Namen von Helden, die sich mit den Göttern angelegt (und den kürzeren gezogen) haben. Einige radioaktive Metalle erbten indirekt ebenfalls Götternamen, allerdings auf dem Umweg über die Namen von Planeten oder Planetoiden, so etwa Uran, Plutonium und Neptunium.

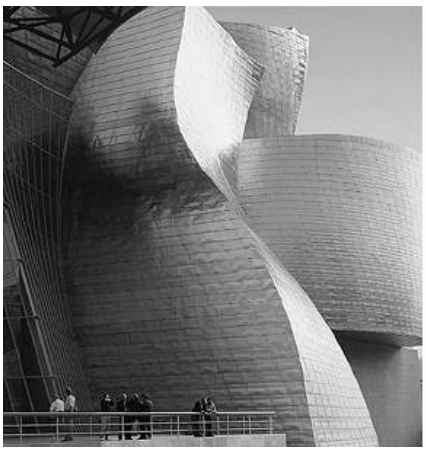


Bild 2.11: Zwei Ansichten von Frank O. Gehrys Guggenheim–Museum (Eröffnung 1997). Das Gebäude steht in Bilbao und hat eine Verkleidung aus Titan.

Das Metall Titan wurde nach den Titanen benannt, unter denen Hyperion, Iapetos, Okeanos, Koios, Krios, Rhea und Kronos die vielleicht bekanntesten sind. Die Titanen sind in der griechischen Mythologie die sechs Söhne und sechs Töchter aus der Verbindung der Urmutter Gaja und des Urvaters Uranos (griech.: Erde und Himmel). Für einen so urgewaltigen Bezug also entschied sich im Jahre 1795 der Berliner Chemiker Klaproth bei der Taufe des neuen Metalls Titan. Möglicherweise wurde er dazu durch die hohe Festigkeit, Härte und geringe Dichte des neu entdeckten Elements verleitet.

Das Metall Vanadium wurde nach Vanadis benannt, der nordischen Chefgöttin. Entdeckt wurde es von dem schwedischen Chemiker Sefström. Im Jahr 1801 hatte der Mexikaner del Rio den Stoff bereits in einem Erz aus Zimapan gefunden und auf den Namen Erythronium getauft. Später widerrief er seine eigene Entdeckung jedoch. Er dachte bei seiner zweiten Analyse fälschlicherweise, daß es sich bei dem Material nur um eine Abart des zu dieser Zeit bereits bekannten Chroms handelte. Wöhler hatte 1830 jedoch in einer neuen Analyse Vanadinit isoliert und geschlußfolgert, daß das neue Element identisch mit Sefströms Vanadium sei. Er konnte seine Entdeckung aber nicht mehr publizieren, da er zuvor an einer Vergiftung durch Flußsäuredampf verstarb. Metallisches Vanadium wurde erst 1867 von Enfield Roscoe reduziert.

Bild 2.12: Der Rumpf der russischen Atomunterseeboote der OSCAR II Klasse ist aus einer Titanlegierung gefertigt. Auch die im August 2000 vor Murmansk gesunkene 18.000 Tonnen schwere und 155 Meter lange *Kursk* gehörte dieser Klasse an.

Das radioaktive Metall Thorium wurde nach dem nordischen Kriegsgott Thor benannt. Berzelius hat das Element 1828 entdeckt. Passend zu seinem Namen erwies sich Thorium später tatsächlich als wahrer *Kraftprotz*. Als Brennstoff in Atomkraftwerken verwendet, übertreffen die derzeit vorhandenen Thoriumvorräte die Energiereserven aller weltweit bekannten fossilen und Uranbrennstoffvorräte. Die meisten technischen Projekte zur Nutzung dieser enormen Energie ruhen allerdings zur Zeit aufgrund technischer Probleme beim Betrieb dieser Art von Reaktoren. Die 27 bekannten Isotope des Thoriums mit Atommassen zwischen 212 und 237 sind alle instabil. Das natürlich auftretende Thorium 232 hat eine Halbwertszeit von immerhin mehr als 10^{10} Jahren. Dies entspricht, wie auch bei den natürlich auftretenden Isotopen Uran 238 und Uran 235, ungefähr dem Alter der Elemente selbst. In anderen Worten bestehen diese radioaktiven Atome bereits seit der Entstehung des Universums.

Das Halbmetall Selen erhielt seinen Namen von der griechischen Mondgöttin Selene, die später auch auf den römischen Namen Luna hörte. Wie Helios fuhr sie in einem Wagen über den Himmel, allerdings wurde ihrer nur von zwei Pferden gezogen. Das Element Selen wurde zuerst zusammen mit dem Halbmetall Tellur entdeckt und erhielt erst danach seinen eigenen Namen. Der Name des Tellurs leitet sich vom lateinischen Wort *tellus* für Erde ab. Die römische Göttin für die Erde und die Fruchtbarkeit trägt ebenfalls diesen Namen. Cer wurde 1803 von Berzelius und Hisinger nach der römischen Fruchtbarkeitsgöttin Ceres benannt. Obwohl Cer ein sehr häufiges Element ist und beinahe so oft vorkommt wie Zink, wird es technisch nur wenig, zumeist als Legierungselement in Gläsern und Metallen, eingesetzt. Reines Cer reagiert stark mit Wasser und ist sehr korrosionsanfällig.

Palladium wurde nach Pallas benannt, einem Beinamen der Göttin Athene, die sich in der griechischen Mythologie besondere Verdienste als persönliche Beschützerin des Troja–Helden und Seefahrers Odysseus erworben hat. Gleichzeitig ist Pallas auch der Name eines großen Asteroiden, eines sogenannten Planetoiden. Das Metall wurde 1803 von Wollaston entdeckt. Das silberglänzende Palladium ist sehr korrosionsbeständig und wird als Katalysatormaterial in der chemischen Industrie verwendet.

Der Name des Metalls Promethium erinnert an den Titanensohn Prometheus aus der griechischen Mythologie. Nachdem die Götter die Schöpfung erfolgreich bewältigt hatten, fiel ihnen auf, daß es noch an einem Geschöpf fehlte, dessen Leib so beschaffen war, daß der Geist in ihn einziehen und von ihm die Erdenwelt beherrscht werden konnte. Da betrat Prometheus die Erde. Er war ein Sprößling des alten Göttergeschlechtes der Titanen, vermutlich der Sohn des Titanen Iapetos und der Nymphe Klymene. Seine Brüder hießen Epimetheus, Atlas und Menoitios. Im Krieg der olympischen Herrscher gegen die Titanen verbündete er sich mit Zeus und wurde bei der Geburt der Athene aus dem Haupte des Zeus zum Geburtshelfer. Aus Dankbarkeit lehrte ihn die Göttin alle nützlichen Künste. Damit war Prometheus zum Kulturbringer prädestiniert und nahm sich alsbald der Erfindung des Menschen mit reichlich Modellierkunst an. Er formte sie als Ebenbild der Götter. Um seine Tonfiguren zu beleben, entlehnte er von den Tierseelen gute und böse Eigenschaften und schloß sie in die Brust des Menschen ein. Athene, die Göttin der Weisheit, blies diesem halbbeseelten Golem schließlich den Geist ein. So entstanden die ersten Menschen und füllten bald die Erde. Nach einer Weile der Beobachtung der zunächst ziellosen Aktivitäten seiner Schöpfung lehrte Prometheus den Men-

Bild 2.13: Der von Hephaistos an die Klippen geschmiedete Prometheus.

schen schließlich die Künste der Astronomie, der Mathematik, der Schrift sowie andere brauchbare Fertigkeiten. Ferner leitete er sie unter die Erde und ließ sie sozusagen als erster Wegbereiter der Metallforschung Eisen, Silber und Gold entdecken. Im Himmel herrschte nun aber seit kurzem Zeus, der seinen eigenen Vater Kronos entthront und das alte Göttergeschlecht der Titanen, von welchem ja auch Prometheus abstammte, entmachtet hatte. Die neue Götterdynastie wurde nun auf das soeben entstandene Menschenvolk aufmerksam. Nach dem gewonnenen Krieg zwischen den beiden Göttergeschlechtern versagte Zeus als der neue Chef im Olymp den Sterblichen als letzte wichtige Gabe das Feuer. Doch Prometheus nahm sich erneut der Menschen an. Mit einer Fackel aus

einem Stengel des Riesenfenchels, die er an einem der Schlote des Schmiedes Hephaistos entzündet hatte (siehe auch Seite 158), näherte er sich dem auf die Erde niederfahrenden Sonnenwagen und setzte ihn in Brand. Mit dieser Flamme brachte er den Menschen das Feuer. Prometheus wurde so zum Sinnbild der Herausforderung der Götter durch den Menschen und zum Symbol seiner technischen Fertigkeiten. Der weitere Verlauf des Streits ist hinlänglich bekannt: Zeus bestrafte Prometheus, indem er ihn von Hephaistos an einen Felsen im Kaukasus ketten ließ, wobei ihm ein Adler langsam die Leber auffraß. Erst Herakles konnte ihn später von seinen Leiden befreien.

Aber zurück zur Wissenschaft: Promethium ist ein künstliches Element, dessen Existenz man nach Spektralanalysen bereits 1926 vermutete. Damals schlug man zunächst die lateinischen Namen Illinium und Florentinum vor. Da Promethium beim Zerfall des Urans entsteht, wurde es erst im Verlauf der US–amerikanischen Atombombenforschung 1945 von Marinsky endgültig identifiziert und getauft.

Bild 2.14: Rekonstruktion eines Gemäldes von Polygnot zu den Leiden des Tantalos.

Tantal schließlich wurde nach dem Helden Tantalos benannt, der in der griechischen Mythologie Vater der Niobe ist. Tantal wurde 1802 entdeckt, Niob erst 1844. Beide Elemente kommen im Erz oft gemeinsam vor und sind chemisch schwierig zu trennen. Daher hat man auch lange Zeit angenommen, daß der metallische Bestandteil des in Amerika entdeckten Erzes Columbit nur ein einziges Element enthält, nämlich Columbium. Erst später wurde erkannt, daß es sich um zwei verschiedene Elemente handelte. Das Oxid Ta_2O_5 ist in Säuren unlöslich, kann also *seinen Durst nicht löschen*. Der Entdecker Ekeberg benannte das neue Metall also folgerichtig nach dem mythologischen Tantalos,

der im Hades ein ganz ähnliches Problem hatte: Tantalos, immerhin ein Sohn des Zeus, herrschte zu Sipylos in Phrygien und genoß wie kaum ein Sterblicher die Gunst der olympischen Götter, so daß er sogar an ihrer Tafel speisen durfte. Der eitle Mann aber vermochte das überirdische Glück nicht zu tragen, und er begann, gegen die Götter zu freveln. Er verriet den Sterblichen die Geheimnisse der Himmlischen und stahl von ihrer Tafel Nektar und Ambrosia. Er versteckte sogar den goldenen Hund, den ein anderer zuvor aus dem Tempel des Zeus auf Kreta entwendet hatte. Als Zeus ihn zurückforderte, leugnete er unter Eid, ihn erhalten zu haben. Schließlich lud er im Übermut die Götter zu einem Gastmahl ein und ließ ihnen seinen eigenen Sohn Pelops schlachten und zurichten, um ihre Allwissenheit auf die Probe zu setzen. Nur Demeter verzehrte von dem gräßlichen Mahl ein Schulterblatt, die übrigen Götter aber merkten den Greuel, warfen die zerstückelten Glieder des Kindes in einen Kessel, und die Parze Klotho[4] zog den Knaben mit erneuter Schönheit hervor. Anstatt der verzehrten Schulter wurde eine elfenbeinerne eingesetzt. Nun war das Maß voll. Tantalos wurde von den Göttern in den Hades verstoßen. Hier wurde er von quälenden Leiden gepeinigt. Er stand in einem Teich, dessen Wasser ihm bis zum Kinn reichte, konnte seinen Durst jedoch nicht stillen. Wenn er sich bückte, um den Mund ans Wasser zu bringen, sank der Wasserspiegel. Gleichzeitig litt er peinigenden Hunger. Vom Ufer her hingen herrliche Früchte über ihm. Sooft er sich jedoch streckte, um an das Obst zu gelangen, wurde es von einem plötzlich aufkommenden Wind hinweggerissen. Zu dieser Pein gesellte sich dauernde Todesangst, denn ein großer Felsbrocken genau über ihm drohte ständig herabzustürzen. Das Metall Niob wurde dann später konsequenterweise nach Niobe, der Königin in Theben, benannt, da sie in der griechischen Mythologie die Tochter des Tantalos ist. Ihr erging es übrigens nicht viel besser als ihrem Vater. Niobe hatte sich gegenüber Leto ihres Kinderreichtums gerühmt. Apollon und Artemis, die Kinder Letos, töteten mit ihren Geschossen die sieben Söhne und sieben Töchter der Niobe und verwandelten sie selbst in Stein.

Gold kann ebenfalls in dieser Rubrik behandelt werden. Die lateinische Bezeichnung für Gold ist Aurum, was möglicherweise auf die römische Göttin der Morgenröte Aurora zurückgeht. Für die meisten alten Hochkulturen sowie auch unsere mittelalterlichen Alchimisten war das edle Metall das Symbol für die Sonne. Der germanische Name Gold stammt aus dem Angelsächsischen. Gold ist dem Menschen vermutlich seit vielen tausend Jahren als reines Metal bekannt. In den 5000 Jahre alten Königsgräbern der Stadt Ur im Irak und

[4] Die drei Parzen (ursprünglich Moiren) sind in der griechisch–römischen Mythologie die Göttinnen der Geburt und des Schicksals. Sie spinnen die Lebensfäden der Menschen.

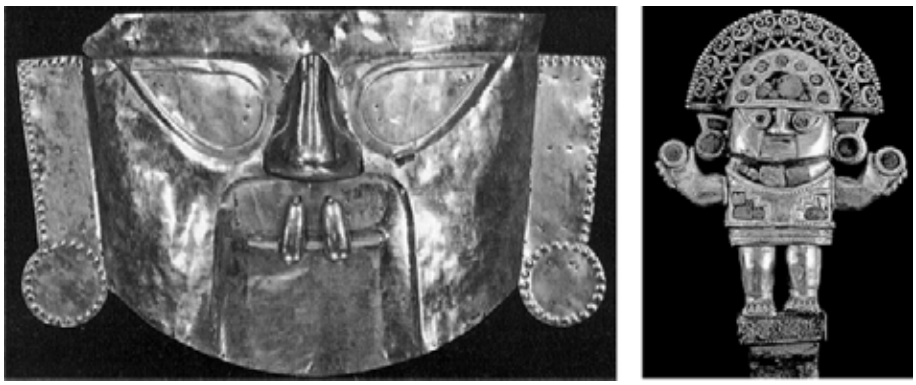


Bild 2.15: Altamerikanisches Gold: Chimu–Goldmaske (links); Inka–Statue (rechts).

in den zum Teil ebenso alten Gräbern der ägyptischen Hochkultur dieser Zeit finden sich bereits einzigartige Kunstgegenstände aus kaltgetriebener Goldfolie sowie komplexe Legierungen auf der Basis von Gold.

Nimmt man die gesamte bis zum heutigen Tage geförderte Menge Goldes zusammen, so ergibt sich ein Würfel mit einer Kantenlänge von 18,3 Metern. Dies entspricht gerade dem Fundament des Eifelturms. Die erste bekannte Zahlungseinheit mit immerhin mehr als zwei Dritteln Goldanteil ist der bereits 1500 Jahre v. Chr. eingeführte Gewichts–Shekel. Auch die Chinesen führten im Jahre 1091 v. Chr. die Goldmünze als alternatives Zahlungsmittel zur Seidenwährung ein. Dieses Metall, welches bereits von Hesiod und später Ovid mit den edelsten Eigenschaften des Menschen verglichen wurde, wird uns im Verlauf des Buches noch öfters begegnen.

Einige radioaktive Metalle erbten die Namen griechischer Götter auf dem Umweg über Planeten: Uran von Uranus, Neptunium von Neptun und Plutonium von Pluto. Uran wurde bereits 1789 von Martin Heinrich Klaproth benannt, die beiden anderen 1940 bzw. 1941 von US–amerikanischen Wissenschaftlern[5]. In einem Brief an die Berliner Akademie der Wissenschaften beschrieb Klaproth seine Entdeckung mit den Worten *„...Der bis dahin als selbständig anerkannten metallischen Substanzen sind siebenzehn. Es geht aber der Zweck der gegenwärtigen Abhandlung dahin, diese Zahl mit einer neuen zu vermehren.“*

[5]Tatsächlich hatte Klaproth 1789 zunächst eine Uran–Sauerstoff Verbindung und noch nicht reines Uran isoliert

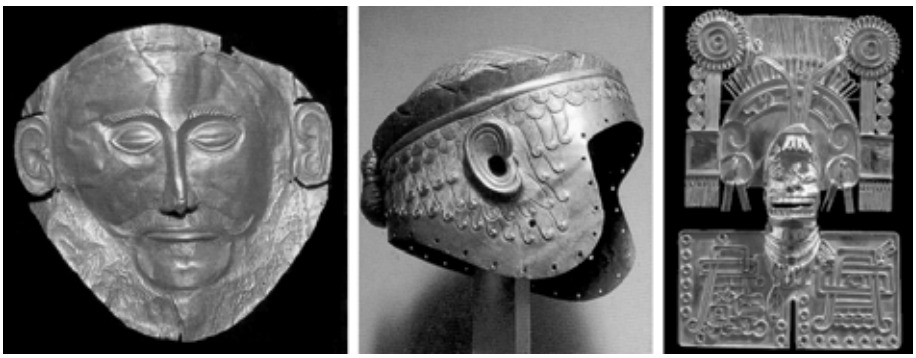


Bild 2.16: Gold aus drei Kulturen: vermeintliche Maske des Agamemnon (links); Schliemann fand diese Maske in Mykene und nahm an, es handele sich um das Anlitz des sagenhaften Troja–Veteranen Agamemnon. Spätere Forschungen ergaben, daß das Bildnis lange vor dem Fall Trojas um etwa 1600–1500 v. Chr. entstand; sumerischer Goldhelm (Mitte); Goldamulett der Monte–Alban–Kultur aus Mexiko (rechts).

Die neue *Nummer achtzehn* benannte Klaproth nach dem siebenten der großen Planeten, den der Astronom Herschel acht Jahre vorher entdeckt und nach dem Vater der Titanen benannt hatte. Der Chemiker Leonhardi schlug später vor, Uran nach seinem Entdecker in *Klaprothium* umzubenennen. Diese Idee hat sich allerdings bekanntermaßen nicht durchgesetzt.

Uran hatte zunächst eine geringe Bedeutung. Bis auf die Nutzung von Uranmineralen für die Farbenherstellung ab etwa 1825 und die Bedeutung radioaktiver Heilwässerchen für die touristische Entwicklung alter Bergbauorte wie Joachimsthal oder Oberschlema zu Kurorten blieben die Uranerze bis zur Nutzung von Radioaktivität und Kernspaltung für die Industrie unbedeutend. Kaum ein anderes Metall hat allerdings die größten Geister der Wissenschaft so beschäftigt wie das Uran. Bei seinen Experimenten an Uranpräparaten entdeckte der Physiker Henri Becquerel, daß diese Fotoplatten schwärzten. So kam man der Radioaktivität, dem natürlichen Zerfall von Atomen unter Aussendung verschiedener Strahlungsarten ($\alpha-$, $\beta-$ und γ–Strahlen), auf die Spur. Später folgte die experimentelle Entdeckung der Kernspaltung am Uran durch Otto Hahn und Fritz Straßmann und deren physikalische Erklärung durch Lise Meitner. Dem Bau des ersten Kernreaktors durch Enrico Fermi folgte dann, durch den zweiten Weltkrieg beschleunigt, der traurige Höhepunkt mit dem

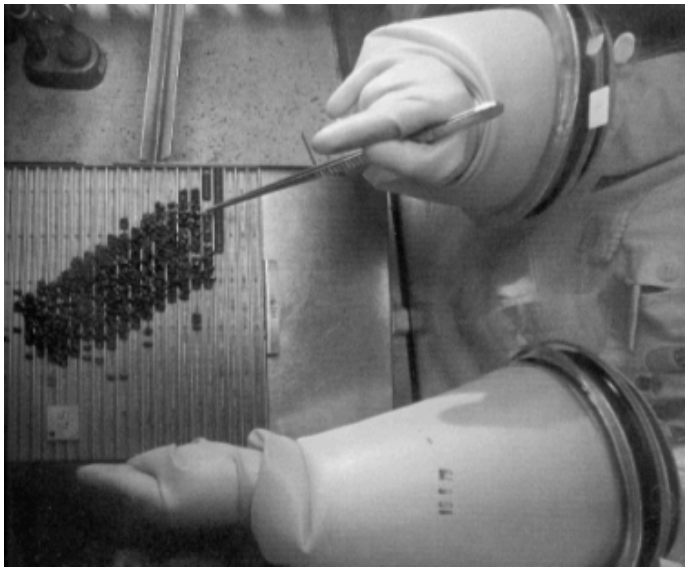


Bild 2.17: Der Umgang mit Plutonium erfordert eine ruhige Hand.

sogenannten *Manhattan–Projekt*. Dahinter verbarg sich die Entwicklung und der Abwurf der ersten Atombomben über Hiroshima und Nagasaki. Anfang 1940 gelang McMillian und Abelson in Berkeley der Nachweis, daß es bei der Neutronenbestrahlung von Uran nicht nur zur Kernspaltung, sondern auch zur Erzeugung eines Transurans kommt. Das erste solchermaßen hergestellte künstliche Element war das Neptunium. Bei dessen Zerfall wiederum bildete sich das auf der Erde nicht natürlich vorkommende Plutonium.

Dem Uran verdanken wir übrigens auch den Siegeszug der Teflonpfanne (Teflon ist der Kurzname von Poly–Tetrafluorethylen). Lange vor dem oft angeführten ersten Triumph des Teflons in der Raumfahrt wurde das bereits in den dreißiger Jahren entdeckte Material im Manhattan–Projekt eingesetzt. Die Erbauer der Atombombe um Oppenheimer baten seinerzeit die amerikanischen Chemiekonzerne um Hilfe, da die für die Kernspaltung nötigen Uranverbindungen so korrosiv waren, daß sie alle bekannten Materialien schnell zerstörten. Bei der Firma DuPont erinnerte man sich des zuvor zufällig entdeckten Materials, und bald sorgte eine Teflonschicht für wirksamen Schutz der Uranbehälter.

2.7 Geisterbeschwörung

Auch bösartige Geister, finstere Kobolde und sonstige Dämonen haben ihren Anteil an der Namensgebung der Metalle, so etwa im Falle des Nickels und des Kobalts. Der Titel Geisterbeschwörung ist in diesem Zusammenhang gar nicht so abwegig. Immerhin war es bis zum Spätmittelalter für die Metallurgen absolut üblich, für das Gelingen eines Glockengusses (was bis heute ein sehr schwieriges Geschäft ist) oder für das erfolgreiche Härten eines Schwertes die Geister und entsprechende Gehilfen um Unterstützung anzurufen. Es war für die Wissenschaftler dieser Zeit vollkommen klar, daß das Mißlingen eines Auftrags nur auf das Wirken dunkler Kräfte zurückzuführen sein konnte und nicht etwa auf eigene Inkompetenz.

Beispielsweise geht die Benennung des 1735 von Brandt entdeckten Metalls Kobalt auf das Wort Kobold zurück. Diese kleinen, bisweilen recht umtriebigen Zeitgenossen wurden in der Frühzeit der Eisenverhüttung mitunter für Sabotageakte verantwortlich gemacht, die die Reduktion des Eisenerzes erschweren sollten. Später wurde geklärt, daß die Kobolde ganz unschuldig waren und vielmehr die Vermischung des Eisenerzes mit dem ähnlich aussehenden Kobalterz die Verhüttung erschwerte.

Auch das Nickel gehört in diese Kategorie. Es erhielt seinen Namen im erzgebirgischen Bergbau und Hüttenwesen. Nickel bedeutet soviel wie Berggeist, Bergwichtel oder Bergteufel. Nickel war früher als eigenständiges Metall noch nicht bekannt, kam aber oft in Erzen anderer Metalle vor. Mit dem Schimpfwort *Kupfernickel* belegten im Mittelalter sächsische Bergleute beispielsweise ein Mineral, das sie wegen seiner roten Farbe zunächst für ein Kupfererz hielten. Doch es wollte ihnen nicht gelingen, daraus Kupfer zu gewinnen, ergo mußte das Erz durch einen Bergnickel verzaubert worden sein. Heute wissen wir, daß es sich dabei lediglich um das Mineral Rotnickelkies (Nickelarsenid) handelte. Neben diesem Begriff entstanden für diese vermeintlich verhexten Kupfererze auch Wörter wie Kupferteufel, St.–Nicholaus–Kupfer oder Teufelskupfer.

Das 1751 von Cronstedt entdeckte Nickel ist heute für zahlreiche Gebrauchs– und Hochtechnologie–Werkstoffe von großer Bedeutung. Viele der deutschen Münzlegierungen haben hohe Nickelanteile, so etwa die bundesdeutschen Fünfzigpfennig– und Markstücke (25%).

Die sogenannten VA–Stähle sind rostfreie Edelstähle mit Nickelgehalten von zumeist über 8%. Der hohe Nickelanteil im Eisen erhöht insbesondere dessen Beständigkeit gegenüber vielen Säuren und Laugen. Nickelhaltige Edelstähle werden daher häufig in Küchengeräten verarbeitet.

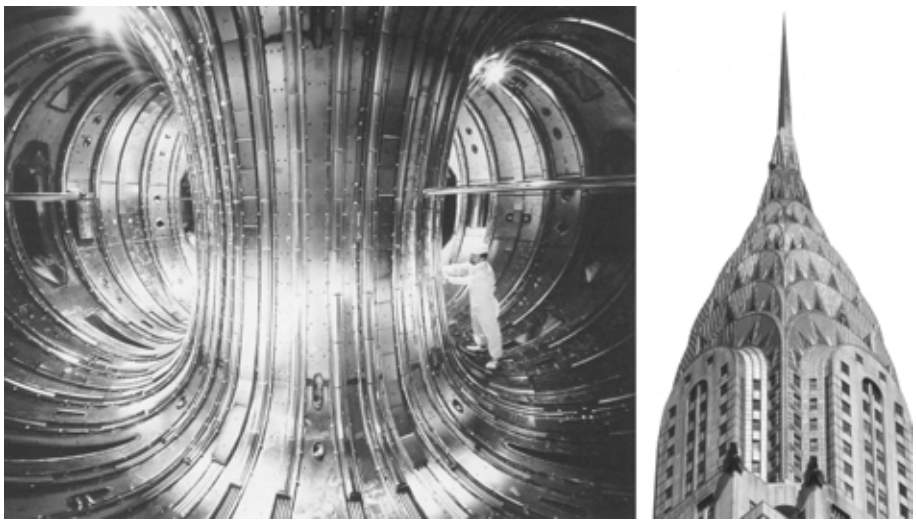


Bild 2.18: Prominente Beispiele für den Einsatz von Nickel–Legierungen: Innenauskleidung eines Kernfusionsreaktors (links); von der Firma Krupp Ende der 1920er Jahre gefertigte Spitze des Chrysler–Gebäudes in New York (rechts).

Legierungen auf der Basis von Nickel und Titan sind die zur Zeit wichtigsten Vertreter der sogenannten Formgedächtnis– oder Memorylegierungen. Ein verformtes Memorymetall–Bauteil nimmt nach Erwärmung bei einer bestimmten Temperatur seine ursprüngliche Form wieder an. Erklären läßt sich der temperaturabhängige Effekt durch ein schlagartiges Umklappen des Atomgitters in eine andere Kristallstruktur. Nach außen zeigt sich dieser Übergang in einer Änderung von Länge, Volumen oder elektrischem Widerstand.

Auch in der Luft– und Raumfahrtindustrie gibt es zahlreiche Beispiele für den Einsatz von Nickellegierungen. Die größte Bedeutung hat Nickel als Basismetall in Legierungen mit Chrom, Kobalt, Molybdän und Titan für Turbinenschaufeln in Strahltriebwerken, und zwar als hochtemperaturbeständiger Werkstoff in der Brennkammer und im Niederdruckbereich sowie bei den Landeklappen–Führungssystemen für Großflugzeuge. In der Europarakete Ariane 4 sind beispielsweise die Flüssigkeitstreibstofftanks, in der Ariane 5 auch die Triebwerksdüsen aus hochnickelhaltigen Legierungen.

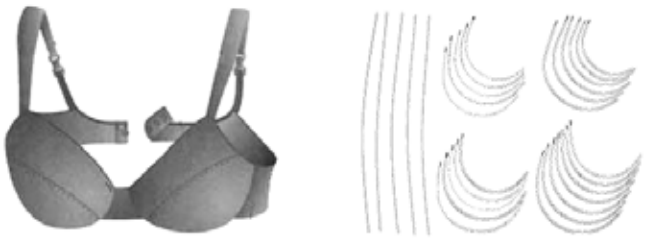


Bild 2.19: Drähte aus Formgedächtnislegierungen werden auch zur Herstellung von Büstenhaltern verwendet, die sich beim Waschen an ihre ursprüngliche Form *erinnern*.

2.8 Die Stimme seines Herrn

In jüngerer Zeit gab man den Metallen zunehmend auch die Namen berühmter Wissenschaftler, so wie bei Curium, Gadolinium, Fermium, Mendelevium, Samarium, Einsteinium, Nobelium, Lawrencium, Rutherfordium, Bohrium und Meitnerium. Auch das Metall Samarium kann hier eingeordnet werden.

Das von Glenn Seaborg 1944 entdeckte Curium erhielt seinen Namen ganz offensichtlich zu Ehren des berühmten Forscherehepaares Pierre Curie und Marie Sklodowska–Curie. Im August 1898 entdeckte Marie Curie, daß das Element Thorium, wie auch das von Henri Becquerel als strahlend erkannte Metal Uran, radioaktiv ist. In Forschungsarbeiten mit ihrem Gatten Pierre gelang Marie Curie 1898 in Pechblende der Nachweis zweier neuer Elemente: Polonium und Radium. Den entscheidenden Hinweis lieferte die zu starke Radioaktivität der Pechblende gemessen an ihrem Urangehalt. Ein Jahr später wurde ein weiteres Element in der Uranpechblende entdeckt: Actinium.

Die Briefe und Tagebuchaufzeichnungen der Marie Sklodowska–Curie sind auch allgemein eine unterhaltsame Quelle zur Wissenschaft insbesondere der radioaktiven Metalle. Beispielsweise kommentiert sie die Entdeckung der Radioaktivität in ihrem Tagebuch gleichberechtigt neben den ersten Milchzähnen ihrer Tochter. Wie aus Briefen und Vortragsmanuskripten aber auch hervorgeht, hat sie die Gefährlichkeit radioaktiver Strahlung für lebende Organismen unterschätzt, ganz im Gegensatz zu Röntgen, der bereits vergleichsweise früh vor Gefahren hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung warnte. Das 1880

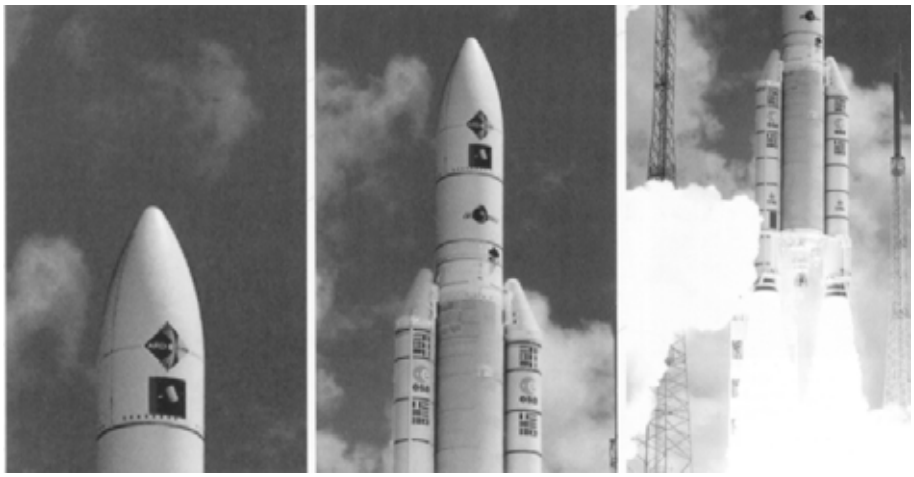


Bild 2.20: Die europäische Trägerrakete Ariane 5 beim Start.

von Galissard de Marignac entdeckte Gadolinium erbte den Namen von dem Mineralogen Johan Gadolin. Das seltene Metall ist übrigens eines der wenigen Elemente mit einem ferromagnetischen Zustand im Festen, ähnlich wie Eisen, Nickel, Kobalt, Dysprosium, Terbium und Curium.

Die anderen Namen bedürfen kaum einer Erläuterung, wie zum Beispiel Albert Einstein, Enrico Fermi, Dmitri Iwanowitsch Mendelejew, Alfred Nobel, Ernest Orlando Lawrence, Ernest Rutherford, Glenn Seaborg, Nils Bohr oder Lise Meitner. Samarium wurde zunächst einfach nach seinem Mineral Samarskit benannt, welches aber seinerseits auf den Namen des russischen Mineralogen Samarski zurückgeht.

2.9 Charakterdarsteller

Einige wichtige Metalle sind weder nach ihrem Entdecker noch nach einer bestimmten Region benannt worden, sondern haben sich ihren Namen sozusagen selbst zuzuschreiben. Dies sind all jene Metalle, die durch eine besonders hervorstechende Eigenschaft aufgefallen sind. Hier sind insbesondere Quecksilber, Beryllium, Zink, Zinn, Bismut, Technetium, Wolfram, Antimon, Osmium, Barium, Blei, Lanthan, Dysprosium, Astat, Radium, Actinium und Protactinium

zu nennen. Einige weitere Metalle wurden zugegebenermaßen etwas phantasielos einfach nach einem ihrer Mineralien benannt, wie zum Beispiel Zirconium oder Cadmium. Aber auch hinter diesen Mineraliennamen stecken erzählenswerte Geschichten.

Quecksilber ist mindestens seit 1500 v. Chr. bekannt und wurde bisweilen als Beigabe in Gräbern aus dieser Zeit gefunden. Es zählt somit zu den sogenannten sieben *antiken* Metallen[6]. Der bekannte römische Chronist Plinius benannte bereits ein Verfahren zur Verbesserung der Reinheit des Quecksilbers. Er beschrieb einen Vorgang, bei dem das bei Raumtemperatur flüssige Metall durch Leder gedrückt und dabei gesäubert wird. Er erwähnte in seinen Aufzeichnungen auch schon die Giftigkeit der Substanz.

Quecksilber könnte seinen Namen vom Begriff *flinkes Silber* erhalten haben, was im Englischen *quick silver* heißt. Dies ist ähnlich dem lateinischen Namen *hydrargyrum*, was flüssiges Silber oder Wassersilber bedeutet. Das englische Wort *mercury* für Quecksilber leitet sich vom Planeten Merkur ab. Quecksilber ist eines der wenigen Metalle, die gediegen in der Natur vorkommen. Allerdings wird es in der Regel aus Erzen, wie etwa aus Livingstonit gewonnen.

Wichtige Anwendungen von Quecksilber liegen im Bereich der Edelmetallgewinnung, der Thermometerherstellung und der Amalgamverfüllung unserer Zähne. Für die Gewinnung von Gold und Silber war Quecksilber schon seit Alters her von großer Bedeutung, sowohl bei der Goldgewinnung für die Pharaonen als auch bei der Anhäufung unseres heimischen Nibelungenschatzes aus Rheingold. Quecksilber hat eine sehr hohe Löslichkeit für Silber und Gold. Den Vorgang der Lösung nennt man Amalgamierung und die entstehenden Legierungen Amalgame. Quecksilberamalgame wurden 1826 von Taveau in Paris entwickelt. Sie entstehen durch Vermischen von Metallegierungen in Pulverform mit dem bei Raumtemperatur flüssigen Quecksilber. Konventionelle zahnmedizinische Amalgame enthalten 53% metallisches Quecksilber. Zusätzlich existieren verschiedene Formen verbesserter Amalgame mit unterschiedlichen Anteilen an Silber und Kupfer, die korrosionsbeständiger sind.

Quecksilber ist in zahlreichen Verbindungen und auch als Metall giftig. Besonders toxisch sind organische Quecksilberverbindungen. Ein berüchtigtes Beispiel einer Massenvergiftung mit solchen Chemikalien ist das Unglück von Minamata. Im Jahre 1953 erkrankten in Japan 121 Küstenbewohner an der Minamata–Bucht bei Tokyo an Lähmungen, Seh– und Hörstörungen. Diese Erkrankung, die unter dem Begriff Minamata–Krankheit in die Literatur einging,

[6] Zu den *antiken* Metallen zählen Eisen, Gold, Silber, Blei, Quecksilber, Kupfer und Zinn.

verlief bei einem Drittel der Patienten tödlich. Nachforschungen ergaben, daß unbrauchbar gewordenes Quecksilber aus einer Acetylenfabrik in einen Fluß abgelassen worden war, der in die Minamata–Bucht mündet. Dieses Quecksilber wurde mikrobiell in Methylquecksilber überführt, das schließlich jene Menschen erreichte, die sich von Fischen und Muscheln aus den Küstengewässern ernährten. Das Quecksilber wurde in der Nahrungskette der betroffenen Menschen so lange angereichert, bis eine toxisch wirkende Konzentration erreicht war. Bis Ende 1972 wurden nachweislich 292 Krankheitsfälle gezählt, davon 92 mit tödlichem Ausgang.

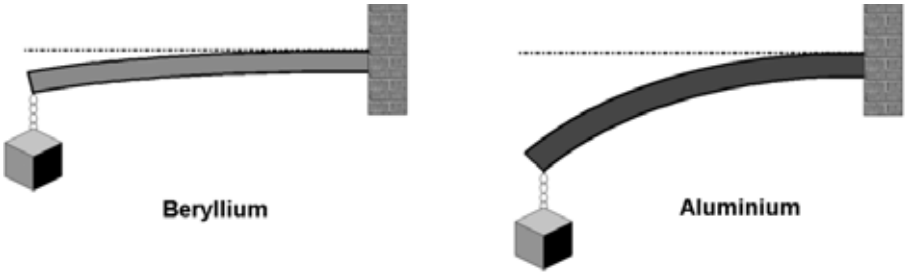


Bild 2.21: Beryllium ist mit seiner geringen Dichte, hohen Festigkeit sowie hohen elastischen Steifigkeit ein ideales Konstruktionsmaterial. Nachteilig sind allerdings seine toxischen Wirkungen auf den Menschen.

Beryllium erhielt seinen Namen von einem Beryllium–Aluminium–Silicat mit dem Namen Beryll, welches als Smaragd oder Amethysts bereits den alten Ägyptern bekannt war. Beryllium wurde im Jahr 1797 als Oxid von dem Französischen Chemiker Nicolas–Louis Vauquelin entdeckt. In seiner Publikation gab er der entdeckten Substanz, die zuvor einfach als Beryllerde bezeichnet worden war, den neuen Namen *glucinium* wegen des süßen Geschmacks des Oxids. Die lateinischen Wörter *glucinium* und *glucinum* stammen von den älteren griechischen Wörtern *glykys* oder *glycos* ab, welche süß bedeuten. In der Tat schmecken viele chemische Verbindungen mit Beryllium süß. Dazu muß man wissen, daß es in der Zunft der Mineralogen und Geologen bis heute üblich ist, den Geschmack eines Minerals zu testen und zu charakterisieren. Prinzipiell muß vor dieser Form der Analyse allerdings gewarnt werden, da es eine Reihe giftiger mineralischer Substanzen gibt, von deren Genuß abzuraten ist. Dazu zählen auch zahlreiche Berylliumverbindungen. Später schlug der deutsche

Chemiker Klaproth vor, den Namen von Glucinium in Beryllium zu ändern. Dieses Wort leitet sich aus dem griechischen *beryllos* ab, was ebenfalls soviel bedeutet wie süß oder süß schmeckend. Beryllium als reines Metall wurde erst im Jahr 1828 unabhängig voneinander von Wöhler und Bussy mittels Reaktion von Kaliumcarbonat mit Berylliumchlorid in einer Platinkokille hergestellt.

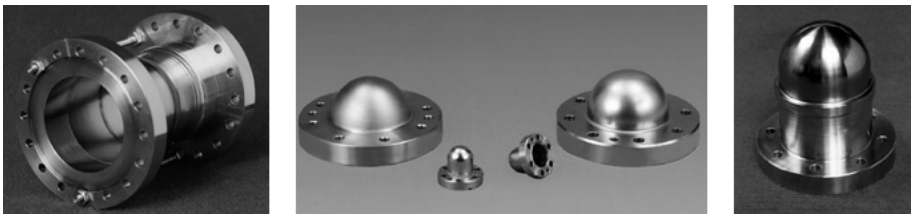


Bild 2.22: Bauteile aus Beryllium–Legierungen aus russischer Produktion.

Dem Namen Beryll soll nach manchen Quellen unsere *Brille* auch ihren Namen verdanken. In der römischen Antike wurden Smaragde angeblich als eine Art schillerndes Brillenglas bisweilen zum Betrachten der Gladiatorenkämpfe verwendet. Zu diesen ersten *Brillenträgern* gehörte möglicherweise auch Kaiser Nero, über dessen Geisteszustand sich die Geschichtsschreibung ja recht einig ist. Beryllium findet sich heute als Legierungselement in Werkstoffen für Getriebe, Federn und Kabel. Wegen seines hohen Schmelzpunktes wird es auch beim Bau von Raketenteilen verwendet.

Der Name Zink stammt vom altgermanischen Wort *Zinke* ab, welches seinerseits auf den lateinischen Begriff *zincum* (kantig, stachelig) zurückgeführt wird. Als Grund für die Namensgebung wird meist die typisch stachelige Form einiger Zinkerze angegeben. Das niedrigschmelzende Metall war den Indern und Chinesen schon 1500 v. Chr. bekannt. Die Griechen und Römer verwendeten bereits Jahrzehnte vor der Zeitenwende unterschiedliche Messinglegierungen, die auf einer Mischung aus Kupfer und Zink beruhen. Erst 1738 fand Zink auch als reines Metall technische Verbreitung. William Champion meldete in jenem Jahr ein Verfahren zur industriell umsetzbaren Zink–Destillation an. Zink ist ein unscheinbares Metall, im Alltag bemerkt man es kaum und hat es doch ständig um sich. Zink ist das wichtige Korrosionsschutzmetall für Stähle. Allerorten bedeckt es Autokarossen und Geländer in Form dünner Schichten. Unseren Kindern streichen wir täglich Zinkoxid in Form von Cremes auf die Haut, oder wir waschen mit Zinkverbindungen unsere Haare gegen Schuppen.

Der Name des Zinns entspringt dem angelsächsischen Wort *tin*. Sein lateinischer Name *stannum* entstammt dem Wort *stagnum*, was tropfend bedeutet. Dieser Name sollte sicherlich auf den geringen Schmelzpunkt von nur 232 °C hinweisen. Zinn ist eines der sieben *antiken* Metalle, und ist dem Menschen schon seit etwa 4000 Jahren bekannt. Seine große Bedeutung erwuchs schon früh aus seiner härtenden Wirkung auf Kupfer. Legierungen aus Kupfer und Zinn werden als Zinnbronzen oder einfach als Bronzen bezeichnet.

Bild 2.23: Liebevoll hergestelltes Kinderspielzeug des 19. Jahrhunderts aus Zinn.

Für die frühen Metallforscher war Zinn ein recht skurriles Metall mit vermeintlich merkwürdigen Eigenschaften. Bei Raumtemperatur und darüber ist es sehr weich, wie jeder weiß, der einmal Zinnfiguren oder Lötzinn verbogen hat. Unterhalb von 13 °C jedoch ändert Zinn seine kristalline Struktur und beansprucht ein höheres Volumen aufgrund der loseren Anordnung der Atome im Kristallverbund. Infolge der Beschränkung der Volumenzunahme durch das umgebende, noch nicht umgewandelte Zinn ändern jedoch nur bestimmte Bereiche der Probe ihre Struktur. Frühe Forscher nahmen daher an, daß die Probe *erkrankt* sei und eine Art Ausschlag aufweise. Auf diese Annahme geht der Begriff der *Zinn–Pest* zurück.

Eine weitere merkwürdige Angewohnheit des Zinns ist sein sogenannter *Zinn–Schrei*, der bei der plastischen Formänderung bestimmter Zinnkristalle auftreten kann. Während man ursprünglich davon ausging, daß die Berggeister beim Versuch der Verformung ihren Protest kundtaten, wissen wir heute, daß es sich um Schallemission bei der spontanen Bildung von kristallographischen Zwillingsstrukturen handelt.

Größere Zinnmengen werden heute bei der Weißblechherstellung und für Lötverbindungen verbraucht. Weißblech ist gewalzter Stahl mit einer Dicke von nur noch einem zehntel Millimeter, versehen mit einer hauchdünnen, elektrolytisch aufgebrachten Schicht aus Zinn. Dieser Überzug soll das Eisen vor Korrosion schützen. Dazu reichen schon 2 Gramm Zinn pro Quadratmeter und Blechseite aus. Der Begriff Weißblech wird heute auch als Überbegriff für verchromte und organisch beschichtete Bleche verwendet.

Die Herstellung von Weißblech ist in unseren Breiten ein altes Geschäft. Bereits im Jahre 1551 erhielt Hans Freiherr von Ungnad von Kaiser Ferdinand die Erlaubnis, *Blech verzinnen zu lassen.* Als der englische Techniker Andrew Yarranton 1665 nach Sachsen reiste, um die Weißblechherstellung zu erlernen, fand er dort bereits eine Industrie mit mehr als 80.000 Arbeitern vor.

Für den Namen Bismut (früher Wismut), welches bereits im 15. Jahrhundert von einem unbekannten Alchimisten entdeckt und isoliert wurde, gibt es unterschiedliche Ableitungen. Nach einer Version geht er auf das altdeutsche Wort *wis–mut* (weiße Masse) zurück. Dieser Begriff wurde zunächst ins Lateinische mit *bisemutum* und später ins englische *bismut* übertragen. Nach einer anderen Erklärung stammt der Name vom altdeutschen *bis–mutum* ab (unter der Wiese gemutet). Obwohl das Material bereits recht früh entdeckt wurde, erkannte es erst Agricola als eigenes chemisches Element. Bismut ist nicht nur das letzte Element der fünften Hauptgruppe, sondern auch das schwerste chemische Element im Periodensystem überhaupt, das nicht radioaktiv ist.

Verwendet wird Bismut zur Herstellung von Legierungen mit extrem niedrigem Schmelzpunkt, z.B. für Woodsches Metall, das bereits bei 70 °C schmilzt. Solche Werkstoffe werden z.B. in Schmelzsicherungen, für Sprinkleranlagen und bei der Herstellung von Formteilen aus dünnwandigen Metallrohren verwendet. Dazu befüllt man das Rohr mit der flüssigen Legierung, läßt diese erstarren und kann dann, ohne daß Knicke oder Risse entstehen, das Rohr zu haarnadelscharf gewundenen Bauteilen verbiegen. Danach wird die Legierung durch Einlegen in heißes Wasser zur erneuten Verwendung wieder ausgeschmolzen. Da Bismut einen niedrigen Schmelzpunkt hat, aus nur einem Isotop besteht und kaum Neutronen absorbiert, wurde es auch als Kühlmittel in sowjetischen Atomunterseebooten verwendet.

Das von Perrier und Segré 1937 in Palermo auf Sizilien entdeckte radioaktive Metall Technetium verdankt seinen Namen dem Umstand, daß es seinerzeit das erste künstlich erzeugte (*technische*) Element war. Die Herstellung gelang in Berkeley durch Beschuß von Molybdän mit Deuterium (Wasserstoffisotop). Die Tatsache, daß das Metall so lange unentdeckt und der Platz 43 im Pe-

riodensystem so lange unbesetzt blieb, liegt an der sehr kurzen Halbwertszeit dieses Metalls. Das bedeutet, die mit der Entstehung der Erde gebildeten Technetiumatome sind bis zu unserer heutigen Zeit samt und sonders zerfallen.

Der Name des von den Brüdern D'Elhuijar in Spanien 1783 nach Vorarbeiten von Scheele am Mineral Scheelit entdeckten Metalls Wolfram geht auf das Mineral Wolframit zurück. Der Name dieses Gesteins entstammt ursprünglich dem erzgebirgischen Bergbau und Hüttenwesen. Wolframit wurde als Begleitmineral beim Abbau von Zinnerzen unbeabsichtigt mit ans Tageslicht befördert und mit dem Zinnerz zusammen verhüttet. Da Wolfram und seine Mineralien sehr hohe Schmelzpunkte aufweisen, führten wolframithaltige Zinnerze zu starker Verschlackung und einer deutlich verschlechterten Ausbeute von metallischem Zinn. Der Name Wolframit entstand als Zusammenziehung der Worte Wolf und Rahm. Rahm wurde im Altdeutschen als allgemeiner Begriff für Schmutz, Abschaum oder Speichel verwendet. Die erzgebirgischen Bergleute erzählten sich zu jenen Zeiten, daß Wölfe nachts das Zinnerz auffräßen und aus dem dabei heruntertropfenden Speichel, also dem *Rahm des Wolfes* (lat.: spumi lupi), das unerwünschte Mineral entstünde. Der englische Name *tungsten* entstammt dem skandinavischen Begriff *schwerer Stein*.

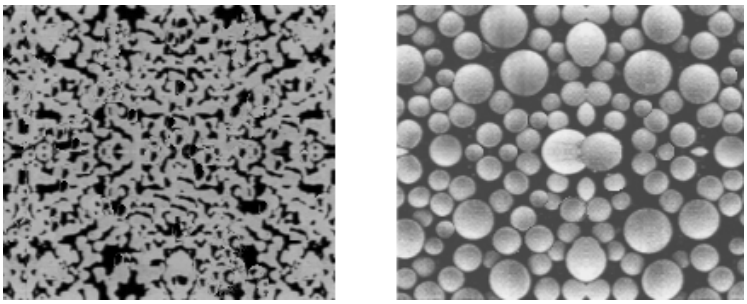


Bild 2.24: Neu entwickelte Legierungen aus Wolfram und Kupfer für die Mikroelektronik unter dem Mikroskop.

In den Schlackenhalden alter Zinnhüttenwerke finden sich bis heute beträchtliche Mengen von Wolframmineralien. Besonders während der beiden Weltkriege, in denen in Deutschland großer Mangel an Wolfram herrschte, war die Entdeckung wolframhaltiger Schlacken in längst aufgegebenen Zinnbergbauorten, insbesondere im Erzgebirge, eine wichtige Reserve für die Rüstungs-

wirtschaft. Bei der Sicherung dieser wolframhaltigen Schlacken war man nicht zimperlich. Man leitete Flüsse um, um in ihrem Bett nach den kostbaren Schlacken zu fahnden und riß Straßen sowie Hüttenfußböden von alten Bergmannshäusern auf, um darunter nach wolframhaltigem Material zu suchen.

Wolfram ist mit einem Schmelzpunkt von etwa 3410 °C das höchstschmelzende aller Metalle. Aus diesem Grunde kommen Wolframlegierungen auch bei Hochtemperaturanwendungen zum Einsatz. Die Hauptmenge der jährlichen Weltförderung von nur einigen zehntausend Tonnen wird allerdings im Stahl verwendet. Wolframlegierte Stähle wurden erstmals auf der Weltausstellung in Paris im Jahr 1900 vorgestellt.

Für den Namen von Antimon werden zwei Erklärungen genannt. Die eine geht auf die griechischen Worte *anti* und *monos* zurück, was soviel heißt wie *nicht allein*. Die andere leitet den Namen von dem arabischen Begriff *anthos ammonos* (Blüte des Gottes Ammon) ab. Die lateinische Bezeichnung *stibium*, der auch die Abkürzung *Sb* entliehen wurde, bedeutet Zeichen oder Markierung. Antimon ist von Alters her bekannt. Es diente bereits den Ägyptern zur Herstellung von Lidschattenschminke. Plinius erwähnt um das Jahr 77 n. Chr. in seiner Naturgeschichte die Verbindung Schwefelantimon, die in Rom als Schminke und Medizin Anwendung fand. Metallisches Antimon wurde schon um etwa 3000 v. Chr. von den Babyloniern zu Gefäßen verarbeitet.

Das Metall Osmium erhielt seinen Namen nach seinem Geruch. Osmium stammt von dem griechischen *osmeo* für *ich rieche* ab. Das Element riecht tatsächlich stets ein wenig nach seinem Tetraoxid. Osmium gehört zu den vier Metallen der Platingruppe. Der Engländer Smithson Tennant entdeckte 1803 in kurzen Abständen zunächst Iridium und schließlich Osmium. Das Metall ist sehr hart und hat einen blauweißen Glanz. In kompakter Form ist es an der Luft, im Wasser und gegenüber zahlreichen Säuren beständig. Es ist äußerst selten und hat nach Wolfram und Rhenium den dritthöchsten Schmelzpunkt aller Metalle. Jährlich werden von diesem Metall gerade 60 Kilogramm weltweit gefördert. Der überwiegende Teil der Förderung ist ein Nebenprodukt des Nickelbergbaus. Osmium wird als Bestandteil von Metallegierungen gewählt, deren Härte merklich erhöht werden soll. Einsatzbereiche sind Spitzen von Injektionsnadeln und teure Füllfederhalter mit Goldfeder. Früher wurde Osmium auch als Glühdraht für Lampen verwendet.

Das Schwermetall Blei ist den Menschen seit langem bekannt. Der Ursprung des Wortes Blei ist nicht klar. Das englische Wort *lead* geht auf den angelsächsischen Namen *laedan* für das weiche Material zurück. Das chemische Symbol Pb entstammt dem lateinischen *plumbum*. Blei findet sich nicht in gediegener me-

tallischer Form in der Natur. Natürlich vorkommendes Bleisulfid allerdings, welches einen sehr metallischen Glanz hat, kommt häufig im Gestein vor und wurde bereits von den Ägyptern als Lidschattenfarbe verwendet. Es ist vorstellbar, daß sich reines Blei wegen seines geringen Schmelzpunktes von nur 327 °C im Holzfeuer durch Reduktion mit Kohle gebildet hat und den Menschen somit sehr früh bekannt war. Frühe technische Hinweise zur Metallurgie des Bleis sind mitunter zweifelhaft, da das Metall zu dieser Zeit oft mit Zinn verwechselt wurde. Allerdings gibt es zahlreiche sehr alte Funde, die eindeutig aus Blei bestehen, so etwa eine einfach modellierte Frauenfigur, die Schliemann aus Troja mit nach Berlin brachte und deren Entstehung zwischen 3000 und 1500 v. Chr. angesetzt wird. Aus Ägypten belegen alte Tributlisten von Thutmosis III. um etwa 1475 v. Chr., daß von phönizischen Stämmen Blei erbeutet wurde. Im Tempel von Ramses III. wurden Bleiziegel verwendet. Auch in der Bibel wird Blei an verschiedenen Stellen erwähnt. Der Prophet Hesekiel läßt Gott im 22. Kapitel sprechen *„Wie man Silber, Kupfer, Eisen, Blei und Zinn im Ofen zusammenbringt, daß man ein Feuer darunter anfacht und es zerschmelzen läßt, so will ich auch euch in meinem Zorn und Grimm zusammenbringen, hineintun und schmelzen.“* Hiob sagt im 19. Kapitel *„... mit einem eisernen Griffel in Blei geschrieben, zu ewigem Gedächtnis in einen Fels gehauen.“* Interessanterweise werden in der Bibel nur sechs der sieben im Altertum bekannten Metalle erwähnt: Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Blei und Zinn. Quecksilber wurde als einziges ausgelassen.

Die Griechen und später vor allem die Römer verarbeiteten Blei in großen Mengen zu Wasserleitungen, Bereifungen für Weinfässer und Geschossen. Beispielsweise berichtet Caesar im seinem Buch über den Gallischen Krieg, daß er Bleigeschosse einsetzte, um die Gallier zu *erschrecken*. Der größte Teil des römischen Bleis stammte aus Minen in Spanien. In ihnen arbeiteten zeitweilig bis zu 50.000 Sklaven. Blei war in Rom aber nicht nur ein Baustoff, sondern es wurde auch zu Trinkbechern und Eßgeschirr verarbeitet. Bleiverbindungen dienten als Farben, Schminke und als Heilmittel. Die Römer bezeichneten sowohl Blei als auch das ebenfalls niedrigschmelzende Zinn als *plumbum*. Sie hielten Zinn für eine Unterart des Bleis und nicht für ein eigenständiges Metall. Zinn trug daher bei den Römern die Namen *plumbum candidum* oder *plumbum album* und Blei den Namen *plumbum nigrum*. Noch im Mittelalter war Blei ein wichtiger Baustoff. Um 1000 n. Chr. gab es im Harz zahlreiche Bleigruben und Bleihütten. Auch die Anwendungsbereiche wurden mit der Zeit vielfältiger: So wurden Gebäude mit Dächern aus Bleiplatten versehen, und man fertigte Bleigläser. Aus Blei waren die Lettern für den Buchdruck und die Kugeln für Gewehre und

Pistolen. Bis in die 1920er Jahre stieg es zum wichtigsten Nichteisenmetall auf. Nach 1925 verlor es an Bedeutung und hat sich heute nach Eisen, Aluminium, Kupfer und Zink eingeordnet.

Das 1839 von Mosander entdeckte Lanthan wurde erst nach langen Mühen gefunden und daher mit dem griechischen Namen *lanthanein* belegt, was soviel heißt wie *sich verbergen*. Das von dem Ehepaar Curie entdeckte radioaktive Element Radium wurde ebenfalls schlicht nach seinem Hauptcharakterzug, nämlich seiner Radioaktivität benannt. Sein Name kommt vom lateinischen *radius* für Strahl, so wie auch der des radioaktiven Edelgases Radon.

Der Name des 1899 von Debierne entdeckten Actiniums entlehnt sich dem griechischen *actinioeis* für leuchtend oder glänzend. Actinium ist instabil und zerfällt unter Abgabe von Wärme und Strahlung. Entsprechend verdankt Protactinium seinen Namen der Tatsache, daß es in Actinium 227 und ein Alphateilchen zerfällt und somit in der Uran–Actinium–Zerfallsreihe vor (also *pro*) dem Actinium steht.

Lithium ist das leichteste aller metallischen Elemente. Im Deutschen wird es übrigens nicht zischend wie *Lizium*, sondern mit t wie *Litium* ausgesprochen. Es wurde im Jahre 1817 von dem Schweden Johan August Arfvedson bei der Analyse des Minerals Petalit entdeckt und erhielt seinen Namen vom griechischen Wort *lithos* für Stein. Lithium gehört mit Natrium, Kalium, Rubidium, Cäsium und Francium zu den Alkalimetallen. Das Wort Alkalimetall stammt aus dem Arabischen, und zwar von dem Wort *kalja* für Asche. Der Name des Metalls Kalium hat ebenfallls diese Wurzeln. Die Vorsilbe *al* in dem Wort Alkali ist nur der arabische Artikel. Im Deutschen ist für Kaliumcarbonat bisweilen noch der alte Name Pottasche in Gebrauch. Im Englischen heißt Kalium *potassium*. Wie Lithium ist auch Natrium ein Alkalimetall. Der Name stammt vom hebräischen Wort *neter* ab (Natriumkarbonat). In der englischen Sprache verwendet man den Begriff *sodium* lateinischen Ursprungs.

Eisen geht möglicherweise auf das alte angelsächsische Wort *iren* zurück, dessen Herkunft selbst allerdings unklar ist. Die meisten Altsprachler vermuten allerdings, daß sich das deutsche Wort Eisen vom keltischen Begriff *isarnon* ableitet, das im Altkeltischen *isarno*, im Althochdeutschen *isarn* und im Mittelhochdeutschen *isen* hieß. Beide Wörter, isarnon und iren, erinnern in der Tat an die heutigen Wörter Eisen bzw. iron. Das Elementsymbol Fe leitet sich von der lateinischen Bezeichnung *ferrum* für das Metall ab.

Die ältesten von Menschenhand hergestellten Gebrauchsgegenstände aus Eisen, die uns bekannt sind, sind bis zu etwa 6000 Jahre alt. Allerdings fanden die Verfahren zur Herstellung und Bearbeitung von Eisen erst viel später weite

Bild 2.25: Römische Eisenmaske eines Offiziers aus der Schlacht zwischen Germanen und Römern bei Kalkriese im Teutoburger Wald. Unter der Führung des Cheruskerfürsten Arminius besiegten im Jahre 9 n. Chr. germanische Stämme die 17., 18., und 19. Legion sowie drei Reiter– und sechs Infanterieeinheiten unter Führung des römischen Statthalters in Germanien Quinctilius Varus.

Verbreitung. Bei den ganz frühen Funden handelt es sich zumeist um verarbeitetes Meteoriteneisen. In Mitteleuropa haben erstmals die Kelten systematisch ab etwa 800 v. Chr. Eisen verhüttet. Dazu erhitzten sie Eisenerz mit Holzkohle in Rennöfen unter möglichst starkem Luftzug (siehe dazu auch die Seiten 70 und 76). In der Erdkruste ist Eisen das vierthäufigste Element und sogar das zweithäufigste Metall. Eisen ist das wichtigste und zugleich erstaunlichste aller Metalle. Einerseits rostet es unablässig und erscheint dem oberflächlichen Betrachter daher als minderwertig – andererseits läßt es sich durch geringe Beimengungen anderer Elemente mit einem großen Spektrum an Eigenschaften ausstatten, beginnend mit hoher Korrosionsbeständigkeit bis zu extremer Festigkeit. Allein im Jahr 2000 wurden weltweit 850 Millionen Tonnen Rohstahl produziert. Auf Deutschland entfielen davon 46 Millionen Tonnen.

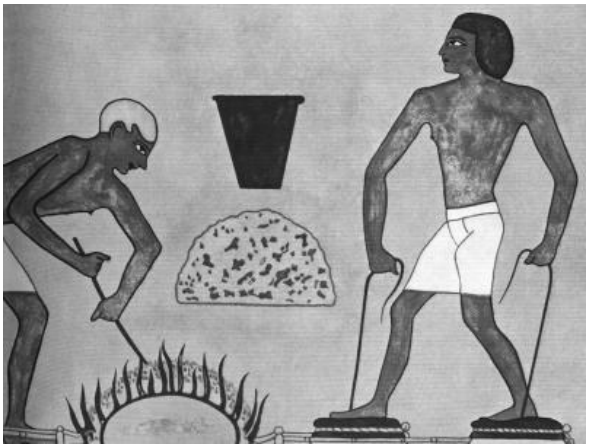


Bild 2.26: Darstellung der Eisenherstellung mit Blasebälgen im alten Ägypten.

Doch nun vom Ackergaul und Rauhbein Eisen, welches uns noch des öfteren beschäftigen wird, zu den feineren Verwandten. Der Name des edlen Metalls Platin entstammt dem lateinischen *platina* (*kleines Silber*, *Silberchen*). Die ersten nachweisbaren schriftlichen Zeugnisse der Existenz von Platin stammen von dem italienischen Gelehrten Julius Cesare Scaliger aus dem Jahre 1557. Spanische Eroberer hatten das Metall seinerzeit aus dem Gebiet des heutigen Kolumbien von den Mayas geraubt. Da es für die spanischen Schmiede jedoch kaum zu bearbeiten war, galt es als minderwertig. Bei dem damals untersuchten Platin handelte es sich vermutlich um eine Legierung mit Gold. Eine genauere Beschreibung stammt aus dem Jahre 1748, sie wurde von dem Spanier Don Antonio de Ulloa bei einer französischen Expedition nach Ekuador angefertigt.

Seit Mitte des 18. Jahrhunderts rückte Platin verstärkt ins Blickfeld der Metallforschung. Die intensivere Beschäftigung mit den Eigenschaften des Metalls führte Anfang des 19. Jahrhunderts dazu, daß binnen eines Jahres vier Begleitelemente des Platins entdeckt wurden. 1843 stießen russische Mineralogen im nördlichen Ural auf so reichhaltige Platinvorkommen (unter anderem einen 15 Kilogramm schweren Platinklumpen), daß eine Zeitlang sogar Rubelmünzen aus diesem Material geprägt wurden. Obwohl Platin häufiger als Gold in der Erdkruste vorkommt, werden jährlich nur etwa 30 Tonnen gefördert. Wegen seiner Fähigkeit, große Mengen Wasserstoffgas aufzunehmen, hat es große Be-

deutung in Hydrierkatalysatoren und wird beispielsweise auch in den modernen Drei–Wege–Katalysatoren von Kraftfahrzeugen eingesetzt. Zusammen mit Iridium bildet es ausgesprochen harte und temperaturbeständige Legierungen. Bei der Herstellung hochwertiger Industriegläser besteht ein zunehmender Bedarf an Platinlegierungen zur Handhabung der korrosiven Glasschmelzen.

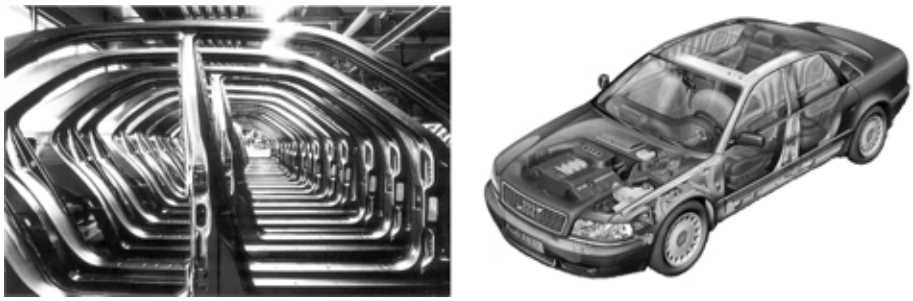


Bild 2.27: Etwa 25% der deutschen Stahlproduktion landen im Auto (links); die Konkurrenz lauert: zunehmend werden Autos auch aus Aluminium gefertigt (rechts).

Aluminium erhielt seinen Namen von dem lateinischen Wort *alumen*, was Alaun bedeutet. Alaun selbst ist ein Kaliumaluminiumsulfat. Aluminium ist das am häufigsten vorkommende Metall. Etwa 8% der Erdkruste (dazu zählen die oberen 16 km des Erdmantels) bestehen aus Aluminium, vorwiegend in Form oxidischer Aluminiumerze (Bauxit) und Alumosilicate. Nach Sauerstoff und Silicium ist Aluminium das dritthäufigste chemische Element im Boden.

Im Jahre 1827 stellte Wöhler erstmals reines Aluminium durch Reduktion von Aluminiumchlorid mit Kalium dar. Bereits zwei Jahre vorher war es allerdings Oerstedt in Kopenhagen gelungen, nach längeren Versuchen unreines Aluminium zu erhalten. Aus dem Reduktionsverfahren von Wöhler entwickelte Deville eine Technologie, die auf der Reduktion eines Aluminium–Gemisches mit Natrium beruhte. Dies war jedoch bis zur Erfindung der Dynamomaschine und der später eingeführten Großproduktion mittels Elektrolyse durch Heroult und Hall im Jahre 1886 ein sehr aufwendiges und teures Verfahren.

Dysprosium entstammt dem altgriechischen *dysprosodos* (unerreichbar, unzugänglich). 1886 gelang dem Franzosen Lecoq de Boisbaudran die Isolierung von Dysprosiumoxid aus einer Probe Holmiumoxid, das man bis zu diesem Zeitpunkt noch für eine einheitliche Substanz gehalten hatte. Da die chemischen Eigenschaften der Lanthaniden sehr ähnlich sind und diese Seltenerdmetalle in

Bild 2.28: Aluminium im Flugzeugbau.

der Natur oft vergesellschaftet auftreten, war eine Unterscheidung nur mit sehr aufwendigen Analysemethoden möglich. Dysprosium ist ein relativ hartes Metall mit geringer technischer Bedeutung. Mit einer jährlichen Fördermenge von unter 100 Tonnen findet es in verschiedenen Legierungen, in Spezialmagneten und in der Kerntechnik Verwendung.

Das 1789 von Klaproth in Berlin entdeckte Zirconium wurde nach dem Mineral Zircon (Zirconiumsilicat) benannt. Dieser Name wiederum leitet sich vom arabischen Wort *zargun* ab (goldfarben). Zirconium ist sehr korrosionsbeständig. In oxidierter Form ist es seit langem als Schmuckstein bekannt. Zirconium wird wegen seiner geringen Absorptionsrate für Neutronen als Konstruktionsmaterial in Atomkraftwerken eingesetzt.

Molybdän erhielt seinen Namen vom griechischen *molybdos* für Blei. Die Entdeckung erfolgte 1781 durch Hjelm. Früher verwechselte man Molybdänerze tatsächlich oft mit Bleierzen. Cadmium erbte den Namen von dem Zinkmineral *cadmia*, in dem häufig auch etwas Cadmium vorkommt. Das Schwermetall wurde 1817 von Stromeyer bei seinen Arbeiten an Zink–Carbonaten entdeckt. Es findet vorwiegend in Form von Schutzschichten, zur Erhöhung der Licht– und Wetterbeständigkeit von Polyvinylchlorid (PVC) und als Bestandteil von Akkumulatoren Verwendung. Durch Feuerungsanlagen, Metallhütten und Düngemittel kann Cadmium in die Umwelt gelangen. Der Mensch nimmt es mit der Nahrung und in hohem Maße auch durch Zigarettenrauch auf.

Der Name des seltenen Metalls Praseodym setzt sich aus den griechischen Wörtern *praseos* (grün) und *didymos* (Zwilling) zusammen. Diese Namensgebung erfolgte einerseits in Anlehnung an die oft grüne Farbe seiner Salze und andererseits wegen seiner zwillingshaften chemischen Ähnlichkeit mit dem Metall Neodym (*neos*, griech. neu). Neodym und Praseodym wurden zuerst 1885 von Auer von Welsbach getrennt. Bis dahin galten sie als ein einziges Element mit dem Namen Didymium. Außer Neodym und Praseodym entdeckte Auer von Welsbach auch Ytterbium und Lutetium.

2.10 So rein wie eine Promenadenmischung

Die so hoch geschätzten technischen und physikalischen Merkmale der Metalle sind normalerweise keineswegs die Eigenschaften der chemisch *reinen* Elemente, sondern die durch mehr oder weniger aufwendige Methoden optimierten Eigenschaften ihrer *Legierungen*. Genaugenommen sind die allermeisten Metalle in ihrer chemisch reinsten Form für nahezu sämtliche technischen Anwendungen unbrauchbar. Die Metallkunde ist gewissermaßen wie die Kochkunst. Wie durch eine kunstvolle Verbindung von Eiern, Milch, Backpulver und Mehl sowie der *Prozeßtechnik* Kneten, Rollen, Walken, Erhitzen und Abkühlen erst ein wohlschmeckender Kuchen entsteht, gewinnen die meisten Metalle durch die geschickte Mischung mit anderen Elementen und durch entsprechende Prozeßtechnik wie Gießen, Walzen, Glühen und Abschrecken erst ihre enorme Vielfalt an Eigenschaften, die sie zur technischen Grundlage unserer heutigen Zivilisation gemacht haben. Etwas anderes haben die beiden Fachgebiete noch gemeinsam: Sie sind beide sehr alt und ruhten lange auf vollkommen empirischem Fundament. Nur durch eine nach und nach gereifte Erfahrung wurden die richtigen Mischungen und Verfahren herausgefunden und optimiert. Erst seit etwa

100 Jahren wurden und werden nach und nach die empirischen durch naturwissenschaftlich exakte Erkenntnisse ergänzt beziehungsweise ersetzt. Aus diesem Grunde sind einige Metalle auch weniger unter ihrem chemischen Elementnamen, sondern unter dem Namen einer oder mehrerer ihren Legierungen bekannt wie etwa Stahl, Neusilber, Weißblech, Duraluminium, VA–Stahl, Bronze, Messing, Elektron oder Tombak.

Bild 2.29: Indianische Bronzeaxt für kultische Zwecke aus Südamerika.

Wichtige technische Legierungen auf der Basis von Kupfer sind zum Beispiel Kupferbronzen und Messing. Kupferbronzen sind Mischungen von Kupfer und Zinn. Sie werden auch oft einfach als Bronzen bezeichnet, allerdings gibt es auch Bronzelegierungen mit anderen Zusammensetzungen: Bronzen nennt man alle Legierungen, bei denen Kupfer als Hauptbestandteil auftritt. Eine aus dem Mittelalter stammende Aufteilung der (Kupfer–Zinn)–Bronzen unterscheidet nach Geschützbronzen (9–10% Zinn), Glockenbronzen (20–40% Zinn, zum Teil ersetzt durch Blei oder Zink), Münzbronzen (etwa 3% Zinn) und Statuenbronzen (3–8% Zinn sowie 3–17% Zink).

Bild 2.30: Eine fast 4000 Jahre alte ägyptische Statue aus Kupfer.

Hinsichtlich des Namens Bronze existieren unterschiedliche Theorien. Im Lateinischen taucht der Name Bronze ab dem 14. Jahrhundert in der Form *bronzium* auf. Er wird von Biringucci im Jahre 1540 als italienischer Begriff *Bronzo* für Kupfer–Zinn–Legierungen übernommen. Eine andere Vermutung besagt, daß der Name aus einer Kontraktion des mittelhochdeutschen *brun* (braun) mit dem lateinischen *aes* (Metall) zu *brun–aes* entstanden sein soll. Seit einigen Jahren geht die Wissenschaft allerdings davon aus, daß sich der Name aus dem persischen *baredsch* ableitet. Dieser wiederum entspringt dem Wort *bhradsch* aus dem Sanskrit und heißt soviel wie glänzen oder schön.

Der Wissenschaftler, der als erster vorschlug, in der Menschheitsgeschichte eine Steinzeit und auf diese folgend eine Bronzezeit zu definieren, war übrigens Johann Georg von Eckhart, genannt Eccardus. Er verwendete und begründete diese Einteilung in seinem Werk *De Origine Germanorum*, welches er 1730 in Braunschweig verfaßte.

Messinge sind gelbliche Legierungen von Kupfer und Zink. Das Wort stammt von dem mittelhochdeutschen Wort *messinc* ab und kommt in entsprechender Form auch in anderen germanischen Sprachen vor (niederländisch: *messing*, schwedisch: *mässing*). Messing ist dem Menschen schon sehr lange bekannt. In Babylon und Assyrien wurde es schon im 3. Jahrtausend v. Chr. verwendet. In Palästina ist der Gebrauch von Messing zwischen 1400 und 1000 v. Chr. nachgewiesen, etwas später auch in Griechenland. Man nannte es dort *oreichalkos* oder *aurichaicum* und machte hauptsächlich Schmuck daraus. Unter Augustus kamen in Rom sogar Messingmünzen auf.

Messing entstand, indem man dem Kupfer beim Schmelzen Galmei (Zinkkarbonat) zugab. Nach dem gleichen Verfahren ist um 150 n. Chr. auch auf deutschem Boden Messing hergestellt worden. Die Anfänge einer eigentlichen Messing–Industrie sind in Deutschland bis in das 15. und 16. Jahrhundert zurückzuverfolgen. Erst als Johann Rudolf Glauber im Jahre 1657 Galmei eindeutig als Zinkmineral identifiziert hatte, fand die Messingindustrie eine zuverlässige Erklärung für die wahre Natur ihres Produktes und damit erst eine Basis für die sichere Reproduzierbarkeit von Zusammensetzung und Eigenschaften. Die gebräuchlichen Messinge enthalten heute außer Kupfer 5 bis 45% Zink. Die kupferreichen Legierungen mit bis etwa 30% Zink sind auch als Tombak bekannt. George Frederick Muntz der Ältere, ein Messingwalzer aus Birmingham in England, ließ sich am 22. Oktober 1832 ein Patent auf eine neue Legierung mit nur noch 57% Kupfer und 43% Zink erteilen, die unter dem Namen Muntzmetall oder schmiedbares Messing weltbekannt wurde. Sie dient besonders zur Herstellung von Schiffsbeschlägen.

Ähnliche Argumente wie für das Kupfer gelten auch für das Eisen. In technisch reiner Form ist Eisen eine recht unbrauchbare weiche Substanz, die bereits bei mäßiger chemischer Verunreinigung auch noch rostet. Ein kurzer Blick in ein Hafenbecken oder auf einen Schrottplatz bestätigt dieses Urteil. Mit nur geringsten Beimengungen an Kohlenstoff oder Stickstoff jedoch können die Festigkeitswerte dieses Metalls sogar um mehr als den Faktor Tausend verbessert werden. Umformbare Legierungen aus Eisen und Kohlenstoff mit nicht mehr als etwa 2% Kohlenstoff werden als Stahl bezeichnet. Der Name Stahl leitet sich vermutlich aus dem germanischen Wort *stahel* ab (hart, zäh). Weitere Legierungseffekte wie etwa das Hinzufügen von Chrom und Nickel überführen das Eisen sogar in einen sehr edlen korrosionsbeständigen Zustand, der uns unter dem Begriff rostfreier Edelstahl geläufig ist. Im täglichen Sprachgebrauch werden rostfreie Stähle mit mindestens 18% Chrom und 8% Nickel auch oft als VA–Stähle bezeichnet. Diese eigenartige Bezeichnung geht auf die

ursprüngliche Laborbezeichnung der Erfinder zurück. VA ist die Abkürzung für *Versuch–Austenit*. Austenit ist dabei die Bezeichnung des durch den hohen Nickelgehalt erzeugten wichtigsten Gefügebestandteils dieser Stähle. Das weiterführende Kürzel V2A steht für Eisen–Chrom–Nickel–Stahl und V4A für Eisen–Chrom–Nickel–Molybdän–Stahl. Die Erfindung dieser Werkstoffe durch Strauss und Maurer stieß um 1912 erstmals die Tür zur neuen Klasse der rostfreien Edelstähle auf, die sich durch hervorragende Korrosionsbeständigkeit und gleichzeitig gute mechanische Eigenschaften auszeichnen.

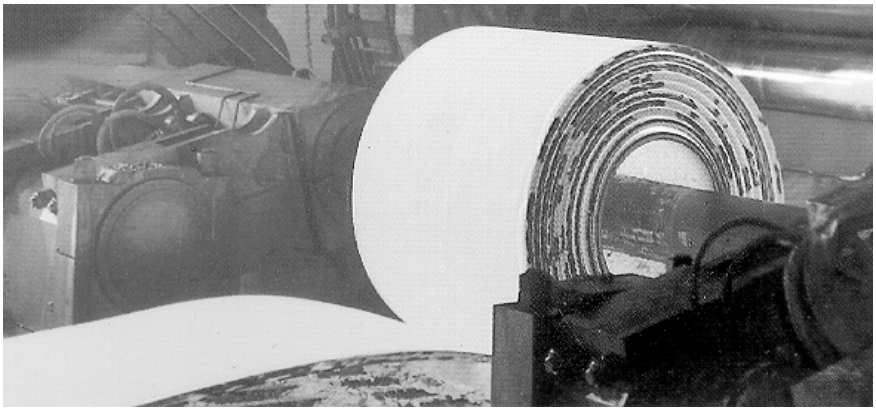


Bild 2.31: Rostfreier Eisen–Chrom–Nickel–Stahl im Warmwalzwerk.

Neusilber ist keineswegs das Gegenteil von *altem* Silber, sondern die typische Legierung, die in vielen Staaten der Erde in unterschiedlichen Spezifikationen zur Herstellung von Münzen verwendet wird. Sie besteht im wesentlichen aus Kupfer, Nickel und Zink. Silber ist in diesen Legierungen in der Regel nicht enthalten. Der Metallgegenwert einer solchen Geldmünze ist deshalb auch zumeist weit geringer als ihr aufgeprägter Handelswert. Sie können also getrost ihren vielleicht gerade heranreifenden Plan zum Einschmelzen und Verkaufen ihrer Münzersparnisse aufgeben. Bei manchen Kupfermünzen ist der Materialwert allerdings tatsächlich größer als der Geldwert (siehe auch Seite 113).