

**Professor Dierk Raabe**  
**[d.raabe@mpie.de](mailto:d.raabe@mpie.de)**

**Class Notes / Vorlesungsscript**

**„Geschichte der Metalle“**

**RWTH Aachen**  
**Max-Planck Institut Düsseldorf**

**[www.mpie.de](http://www.mpie.de)**

## Kapitel 3

# Eine kleine Geschichte der Metalle

## 6000 Jahre Hochtechnologie

### 3.1 Der Mensch wird seines Glückes Schmied

Vor über 100.000 Jahren, in der Steinzeit, benutzte der Mensch Werkzeuge aus Stein und Holz. Im Laufe der Zeit erlernte er die Bearbeitung dieser Gegenstände für vielfältige Verwendungen, etwa zum Kampf gegen Tier und Mensch. Typische Gerätschaften aus dieser Zeit sind Faustkeile und Schaber.

Vor etwa 10.000 Jahren erwärmte sich das Klima in Mitteleuropa, und die Tundren der Eiszeit verwandelten sich in Wald und Sumpf. Die Menschen lebten weiterhin von der Jagd und dem Sammeln pflanzlicher Nahrung. Im vorderen Orient entwickelten sich zunehmend Viehhaltung und Ackerbau. Vor etwa 8000 Jahren hielt diese Lebensweise auch in Mitteleuropa Einzug. In ihrem Windschatten entstand die Kultur der Metalle. Der Mensch schickte sich zu dieser Zeit sprichwörtlich an, seines Glückes Schmied zu werden. Dies ist ein Kulturwechsel, wie er wohl selten in der Menschheitsgeschichte stattgefunden hat. Die Technik, Erz zu fördern, aus diesem ein Metall zu gewinnen und es für Ackerbau, Kunst und Krieg einzusetzen, markiert den Aufbruch zur vermeintlichen Selbstbestimmung des Menschen.

In der griechischen Mythologie wird der Beginn der Technisierung des Menschen durch den Schmied Hephaistos und den umtriebigen Ingenieur-Titanen Prometheus gekennzeichnet. Der Mensch war nun fähig, sich gegen seinen *be-klagenswerten* Naturzustand aufzulehnen, in dem ihn der eifersüchtige Zeus so gerne belassen hätte. Die Schützlinge des Prometheus hatten gelernt, Naturgegebenheiten zu beeinflussen.

<i>Griechische Gottheit</i>	<i>Römische Entsprechung</i>	<i>Zuständigkeitsbereich</i>
<b>Zeus</b>	Iupiter	Götterchef (CEO), Wetter
<b>Poseidon</b>	Neptun	Meer
<b>Hades</b>	Pluto	Unterwelt und Reichtum
<b>Hera</b>	Iuno	Anstand, Jungfräulichkeit und Ehe
<b>Athene</b>	Minerva	Weisheit und Krieg
<b>Aphrodite</b>	Venus	Liebe und Sexualität
<b>Artemis</b>	Diana	Jagd und Mond
<b>Demeter</b>	Ceres	Feld und Fruchtbarkeit
<b>Apollon</b>	Apollo	Licht, Weissagung, Dichtkunst und Musik
<b>Ares</b>	Mars	Krieg
<b>Hermes</b>	Merkur	Diebe, Kaufleute, Wissenschaftler und Erfinder
<b>Hephaistos</b>	Vulcanus	Feuer und Schmiedekunst
<b>Dionysos</b>	Bacchus	Wein, Ausschweifung und Ekstase

Bild 3.1: Die Führungsetage des Olymp.

Zeus konnte aus seiner Sicht allerdings durchaus stichhaltige Argumente gegen eine Technisierung, insbesondere gegen die Erzgewinnung des Menschen anführen: Das beim Erzabbau übliche Abpumpen unterirdischen Wassers bedrohte den Wasserstand des Totenflusses Acheron, der Grenze zwischen dem Reich der Toten und dem Reich der Lebenden. Auch befürchtete er, daß der geänderte unterirdische Wasserhaushalt den Göttern des Weines und des Ackerbaus das Geschäft ruinieren könnte. Die Waldgötter wiederum beschwerten sich über Holzeinschlag und Köhlerhütten. Das Ausgraben der Erze drohte den Fährmann Charon beim Übersetzen der Seelen der Toten zu stören. All diese Argumente waren von den frühen Berg- und Hüttenleuten wohl abzuwägen.

Immerhin legte man sich ja zum Zwecke des Fortschritts ganz bewußt mit den Göttern an. Dies markiert einen radikalen Wandel im Verhältnis des Menschen zu seiner Umwelt. Für die alten Griechen war die lebenserhaltende Arbeit tief verwurzelt in ihrer religiösen Vorstellungswelt. Günstige Witterung, reiche Ernten und Vermehrung der Nutztiere waren von den zuständigen Gottheiten zu erleben. In dringenden Fällen konnte ein Ansinnen durch angemessene Opfergaben noch unterstrichen werden. Mit dem Erlernen der Metallherstellung und der Entwicklung eines rationaleren Weltbildes wurde nun die Herrschaft der Götter über die Natur und die von ihr abhängenden Menschen bedroht. Erstmals mochte der Mensch somit das Gefühl gehabt haben, mit Werkzeug und Waffengewalt nicht mehr bloß Spielball der Götter, sondern selbst Akteur auf der Weltbühne zu sein. Wenig begeistert von den Aktivitäten des Prometheus zeigte sich dementsprechend Göttervater Zeus, der dem menschenfreundlichen Titanensproß mit der bekannten drakonischen Bestrafung endgültig das Handwerk legte (siehe auch Seite 32).

Bereits in der Antike gaben diverse Autoren, unter ihnen Euripides, Plinius, Ovid, Horaz und Vergil die Gefahr einer Erzürnung der Götter durch die Montanwirtschaft zu bedenken. Sie monierten beispielsweise, daß die Götter diejenigen Dinge, die sie dem Menschen zugedacht hätten, mit großer Freigiebigkeit von sich aus auf der Erde wachsen ließen. Die Pflanzen kamen nach Meinung der Gelehrten ja schließlich von alleine ans Tageslicht. Dagegen hätten die Götter andere Dinge absichtlich im Inneren der Erde versteckt, um sie vor den Menschen zu verbergen.

Hesiod und Homer hoben, genau wie Ovid später, die Bedeutung der Metalle in ihren Werken besonders heraus. Sie berichteten von den vier metallisch bestimmten Weltzeitaltern der Menschheit. Demnach waren Gold, Silber, Bronze und schließlich Eisen in dieser Reihenfolge diejenigen Stoffe, welche der Kultur jener vier Epochen ihr technisches und moralisches Gepräge verliehen. Das Goldene Zeitalter war danach die edelste und das Eiserne Zeitalter die verwerflichste Epoche. Ovid verlegt in seinem Werk *Metamorphosen* den Bergbau und die Metallurgie ins Eiserne Zeitalter, in jene Epoche also, die durch moralischen Verfall, Entstehung von Eigentum, Verbrechen, Aggression und vor allem durch den Krieg gekennzeichnet ist. Die ernsthafte Auseinandersetzung um die Berechtigung des Menschen zur Ausbeutung von Erzen unter Tage durchdringt die Diskussion noch bis in die Zeit des Montangelehrten Georg Agricola im 16. Jahrhundert. Dieser wendet in seinem Werk *de re metallica* beträchtliche Rhetorik auf, um die seit der Antike schwelenden Vorbehalte gegen die Gewinnung der Metalle zu widerlegen.

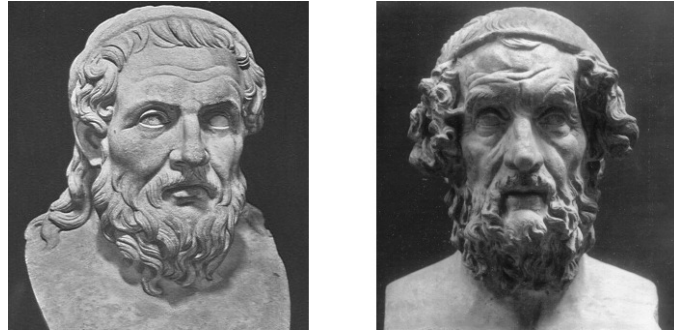


Bild 3.2: Hesiod (links) und Homer, zwei große Griechen und Kenner der Metalle.

Die Archäologen wissen heute, daß die von den antiken Dichtern angegebene Reihenfolge der Metallzeitalter nicht für alle Regionen gilt. Bisweilen wurde sogar nachgewiesen, daß in der Entwicklung einzelner Gebiete Stein-, Bronze- und Eisenzeit keineswegs in dieser Abfolge auftraten. Dies liegt daran, daß die Möglichkeit zur Entwicklung metallurgischer Fertigkeiten von der örtlichen Verfügbarkeit der entsprechenden Rohstoffe abhing. Auch heute gibt es noch Naturvölker, die Eisenerze in einfachen Lehmöfen mit Hilfe eines Blasebalgs zu Luppen<sup>1</sup> ausschmelzen, ohne jemals mit Kupfer oder Bronze in Kontakt gekommen zu sein.

Es ist daher wahrscheinlich, daß jede Kultur diejenigen Metalle als erste hergestellt hat, die ihrem technischen Stand und den örtlichen Erzvorkommen entsprachen. Die bisweilen angeführte Erläuterung der technisch besonders schwierigen Erzeugung von Eisen aufgrund seines gegenüber Kupfer hohen Schmelzpunktes (reines Eisen: 1536 °C, reines Kupfer: 1083 °C) ist nicht ganz stichhaltig. Wie Salz, das im Winter auf das Eis gestreut wird und dieses schmelzen läßt, wirken Kohlenstoff und andere Begleitelemente auf Eisen. Eisen mit einem Kohlenstoffanteil von etwa 4,3% weist beispielsweise nur noch einen Schmelzpunkt von 1147 °C auf. Die Reduktion von Eisenerz zu Eisen mit Hilfe von Holzkohle gelingt daher schon bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen, erfordert aber ein im Vergleich zur Kupfergewinnung ausgeklügeltes Verfahren. Der thermodynamische Aspekt der Schmelzpunktabenkung bei der Eisenreduktion mit Koks wird bis heute in modernen Hochöfen ausgenutzt.

---

<sup>1</sup>siehe auch Erläuterung dazu auf Seite 76.



Bild 3.3: Eisenherstellung in Afrika um das Ende des 19. Jahrhunderts.

Von den sieben bekannten Metallen des Altertums (Gold, Silber, Kupfer, Blei, Quecksilber, Zinn, Eisen) kommen fünf – wenn auch selten – in gediegener metallischer Form in der Natur vor, und zwar Gold, Silber, Kupfer, Meteor-Eisen und Quecksilber. Diese Metalle (Meteor-Eisen liegt in der Regel nicht als reines Metall, sondern als Legierung vor) weisen eine nur geringe Reduktionsneigung auf und korrodieren daher sehr langsam<sup>2</sup>. Wegen der Seltenheit von Kupfer, Meteor-Eisen und Quecksilber in gediegener Form wurden ursprünglich wohl hauptsächlich Gold und Silber ohne chemische Aufbereitung benutzt. In einigen Kulturkreisen, so etwa in den ersten ägyptischen Dynastien, war gediegenes Eisen wegen seiner Seltenheit auch wesentlich wertvoller als Gold.

---

<sup>2</sup>Viele der edlen Metalle bilden dichte Oxidschichten, so daß die weitere Oxidation des Grundmetalls durch unzureichende Diffusion (Atomwanderung) durch diese Schichten unterbunden wird.

### 3.2 Vom Höhlenmenschen zu Odysseus — die Bronzezeit

Als Bronze wird eine Legierung aus Kupfer und Zinn bezeichnet, die leicht erschmolzen und zu Schmuck, Waffen, landwirtschaftlichen Geräten und Gefäßen weiterverarbeitet werden kann. In den Funden aus dieser Zeit tritt Bronze meist als Legierung mit bis zu 10% Zinn auf. Weißbronzen weisen sogar einen Zinnanteil von bis zu 20% auf. Manche der aus der Bronzezeit gefundenen Stücke weisen statt Zinn ähnliche Gehalte an Arsen oder Antimon auf.



Bild 3.4: Um 2300 v. Chr. entstandenes lebensgroßes Standbild von König Phiops aus der 6. ägyptischen Dynastie. Die Gestalt wurde aus vernietetem Kupferblech getrieben und auf einen Holzkern genagelt. Einige Teile wurden gegossen.

Die Kenntnis der Bronzeherstellung aus Kupfer und Zinn gelangte vermutlich aus dem Vorderen Orient und Kleinasien über die Ägäis und den Balkan nach Mitteleuropa. Die Entdeckung, daß Bronze sehr hart, gut schmelzbar, gut gießbar und gut zu bearbeiten war und somit insbesondere für langgezogene, elastische Gegenstände geeignet war, machte dieses Metall zum Motor eines raschen technischen Fortschritts. Der neue Werkstoff war in diesen Eigenschaften dem reinen Kupfer deutlich überlegen. Kupfer war in einigen Regionen schon lange vor der Bronze in Benutzung. Es wurde als reines Kupfer, oder in Legierungen mit zunächst noch geringen Mengen Zinn, Zink oder Blei gefunden.



Bild 3.5: Axt aus der Höhle von Arkalochori auf Kreta aus dem 15. Jahrhundert v. Chr. (links); griechischer Bronzehelm aus dem 6. Jahrhundert v. Chr. (rechts).

Die Dauer der Bronzezeit läßt sich zeitlich nicht genau eingrenzen, da sie in verschiedenen Regionen zu ganz unterschiedlichen Zeiten stattfand. Technische Errungenschaften benötigten damals viel längere Zeiträume zur Verbreitung als heute. Legierte Kupfergegenstände, die an Euphrat und Tigris sowie in Mesopotamien, Syrien und Anatolien gefunden wurden, belegen beispielsweise einen frühen Beginn der Bronzezeit zwischen 4500 v. Chr. und 3500 v. Chr. in diesen Gebieten. In Skandinavien hingegen lebten die Menschen noch bis etwa 1500 v. Chr. in tiefster Steinzeit. Zwischen dem Zweistromland und Mittelskandinavien liegen über 3000 Kilometer Luftlinie. Mit dem Flugzeug ist das heute eine kurze Reise. Die Technik der Kupferverhüttung und -bearbeitung jedoch, die insbesondere im Reich der Sumerer in dessen Hauptstadt Ur in der Gegend des heutigen Bagdad bereits um 4500 v. Chr. eingesetzt hat, benötigte für die Weitergabe bis nach Skandinavien mehr als 2500 Jahre. Die Ägypter waren zwar ebenfalls unter den frühen Verwendern der Bronze, allerdings ist es unwahrscheinlich, daß sie die Bronze erfunden haben, da sie kein Zinn besaßen. Spätestens von der 12. Dynastie an war Bronze in Ägypten bekannt. Mit der



19. Dynastie, also um 1400 v. Chr., begann man bereits mit dem technisch anspruchsvollen Bronzehohlguß. Ähnliches gilt für Persien. In der Stadt Susa im heutigen Iran blieb seit ca. 1300 v. Chr. eine fast 2 Tonnen schwere am Stück gegossene Bronzefigur mit bis zu 8 cm Mantelstärke erhalten. Hinweise auf ein hohes Niveau in der Bronzetechnologie finden sich auch im Zusammenhang mit Salomo, dem König der Juden um 1000 v. Chr. Dessen Tempel wurde nach Bibelangaben (Könige, Chronik) von 2 Säulen von 12 Metern Höhe und 2,7 Metern Durchmesser sowie einem Wasserbecken von 7,6 Metern Durchmesser und 3,8 Metern Höhe verziert. In Griechenland entwickelte sich der Bronzeuß im 7. Jahrhundert v. Chr. durch Glaukos von Chios und Theodoros von Samos. Aus China gibt es zahlreiche datierte und mit Inschriften versehene Bronzestücke aus dem 7. bis 8. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung. Die ausgefeilte Technik dieser Arbeiten läßt aber vermuten, daß der Bronzeuß zu dieser Zeit dort schon lange bekannt war.

Es ist anzunehmen, daß das blauschimmernde carbonatische Kupfererz Malachit sowie der sulfidische Kupferkies damals die Hauptquelle der Kupferherstellung waren. Früher glaubte man, daß Kupfer entdeckt wurde, als Malachit ins Lagerfeuer gegeben und dort reduziert wurde. Lagerfeuer haben allerdings nur Temperaturen von 600 – 650 °C, wohingegen für die Reduktion des Erzes zu Kupfer mindestens 700 – 800 °C erforderlich sind. Es ist daher wahrscheinlicher, daß die Kupferreduktion von Töpfern entdeckt wurde, deren Brennöfen bis zu 800 °C heiß werden konnten. Gegen Ende des dritten Jahrhunderts v. Chr. sind sogar schon Gefäßblasebälge nachweisbar, die dazu dienten, die Temperatur der Holzkohle durch Einblasen von Luft auf über 900 °C zu erhöhen.

Vor der Bronzezeit muß aus technischen Gründen vielerorts eine Kupferzeit stattgefunden haben. Dabei war aber Kupfer in reiner Form praktisch unbekannt, da es meistens – je nach Erz – zumindest in geringem Umfang mit Zinn, Zink, Blei, Nickel und anderen Metallen versetzt war. Auch die ältesten entdeckten Kupfergegenstände, so etwa die aus dem Jahr 7000 v. Chr. stammenden Funde in Cayönü Tepesi in der Südtürkei, weisen daher oft einen geringen Zinngehalt auf. Sie können allerdings nur durch eine genaue chemische Analyse von Reinkupfer unterschieden werden.

Die Sumerer hatten bereits früh erkannt, daß man mit der Mischung von Kupfererzen unterschiedlicher Herkunft je nach Bedarf ein besseres Fließverhalten beim Gießen oder eine höhere Härte nach der Verformung erzielen konnte. Solche günstigen Vorlegierungen kamen zunächst sicherlich dadurch zustande, daß die örtlichen Erze zufällig einen gewissen Gehalt an erwünschten Zusatzelementen aufwiesen. Eine auf 2500 v. Chr. datierte sumerische Axt beispielsweise

besteht bereits aus einer auch heute noch klassischen, sehr harten Kupferbronze mit 11% Zinn und 89% Kupfer. Zahlreiche um 2000 v. Chr. herum datierte sumerische Bronzefundstücke zeigten jedoch einen weit geringeren Zinnanteil und somit auch eine deutlich geringere Härte. Offensichtlich gingen zu dieser Zeit die eigenen zinnhaltigen Kupfererzvorkommen zur Neige, so daß bessere Erze importiert werden mußten.

Im minoisch-mykenischen und im mitteleuropäischen Kulturkreis kann die Bronzezeit zwischen 2200 und 700 v. Chr. angesiedelt werden. Dies ist die Zeit der großen Palastkulturen von Kreta (2000–1400 v. Chr.) und Mykene (1600–1200 v. Chr.). In Ägypten herrschten in dieser Epoche Könige wie Tut-Ench-Amun (um 1330 v. Chr.). Man teilt die Bronzezeit in Europa in eine Frühbronzezeit (etwa 2200 bis 1500 v. Chr.), eine Mittelbronzezeit (etwa 1500 bis 1300 v. Chr.) und eine Spätbronzezeit (etwa 1300 bis 700 v. Chr.) ein. Diese Einteilung richtet sich weniger nach wesentlichen Technologiewechseln, sondern vielmehr nach der Formgebung der Bronzegeräte und den Bestattungsriten. Gehämmerte Bronze taucht beispielsweise erst ab der späteren Bronzezeit auf und drängte die ursprünglich dominierende Gußtechnik immer mehr zurück.

Erst in der mittleren Bronzezeit haben die nördlichen Kulturgruppen, der germanische Kreis im Norden, der illyrische Kreis im Osten und der keltische Kreis im Westen, in der Bronze das kulturbestimmende Material gefunden. Nachzügler waren besonders die Nordgermanen und Skandinavier. Dort wurden zuerst kleine Schmucksachen aus Metall hergestellt, dann Waffen, landwirtschaftliche Geräte und schließlich auch kultische Gegenstände. Die Metalle waren im Norden oft teure Mangelware und mußten, wie zum Beispiel Kupfer und Zinn, eingeführt werden. Dadurch ergaben sich deutliche Unterschiede bei der Nutzung von Metallen selbst innerhalb eines Stammes- oder Siedlungsgebietes. Während die verstorbenen Vornehmen Dolche, Helme, Kultgegenstände und Schmucksachen sogar in ihre Särge gelegt bekamen, lebten die Armen weiter in primitiven steinzeitlichen Verhältnissen und arbeiteten mit Geräten aus Knochen, Feuerstein und Holz. Die Geschwindigkeit der Verbreitung des metallurgischen Fachwissens ist in dieser Epoche in enger Verbindung zu den damaligen Handelswegen und politischen Einflußbereichen zu sehen.

Was kennzeichnet die Bronzezeit in unseren Breiten? Die meisten Informationen dazu stammen aus Gräbern. In der Frühbronzezeit wurden die Toten in Hockstellung begraben, Männer und Frauen immer in entgegengesetzter Haltung. In dieser Epoche finden sich neben Bronzewaffen (Dolche, Beile) auch Schmuckstücke aus Bronze (Nadeln, Halsringe). In der Mittelbronzezeit änderten sich die Begräbnisbräuche. Die Toten wurden nun ausgestreckt unter

Grabhügeln, zum Teil in Grabkammern beigesetzt. Dieser Abschnitt wird daher auch als Hügelgräberbronzezeit bezeichnet. Die aufgeschütteten Grabhügel sollten womöglich als weithin sichtbare Denkmäler an die Ahnen erinnern und das Gemeinschaftsgefühl der Lebenden stärken. Zur Grabausstattung der Männer gehörten Bronzewaffen wie Dolche, Beile und Langschwerter sowie Pfeil und Bogen. Die Frauen nahmen Arm-, Bein-, Hals- und Hüftschmuck mit ins Grab. Das Zeichen der Mittelbronzezeit war insbesondere das Schwert. Seine besondere Stellung lag darin, daß es als erste Waffe nur zum Kampf Mann gegen Mann und nicht zur Jagd diente. Es ist allerdings wahrscheinlich, daß vor allem das Langschwert eher die Funktion einer Prunkwaffe als die einer typischen Nahkampfwaffe hatte. Selbst die besten Legierungen jener Zeit waren für lange Klingen entweder zu spröde oder zu weich. Kurze Dolche und Kurzschwerter waren wesentlich brauchbarer und wurden vermutlich auch im Kampf weit häufiger eingesetzt als das Langschwert. Hinzu kommt, daß Zinn und Kupfer selten und wertvoll waren und der Besitz einer Langwaffe aus Bronze daher eher als Kennzeichen von Macht und Wohlstand gewertet wurde. Die für den wirklichen Kampfeinsatz optimierten Waffen der Bronzezeit waren Speer, Streitaxt, Streitkolben, Steinschleuder, Bogen und Dolch.



Bild 3.6: Ausschnitte aus Schilden der skandinavischen Bronzezeit.

In der Spätphase der mittleren Bronzezeit änderten sich die Bräuche von neuem. Die Brandbestattung begann zur Regel zu werden, wobei die Leichenasche in großen steinernen Grabkammern ausgestreut oder in Tongefäßen auf Urnenfeldern beigesetzt wurde. Die Spätbronzezeit wird daher oft auch als Urnenfelderzeit bezeichnet. Außer den einfachen Gräbern der bäuerlichen Bevölkerung sind aus dieser Zeit reich ausgestattete, aus Trockenmauerwerk er-

richtete Grabkammern einer vornehmeren Schicht gefunden worden. In diesen waren den Männern hölzerne, bronzebeschlagene Wagen, bronzene Angriffs- und Schutzwaffen, bronzenes Trinkgeschirr und Speisen in Tongefäßen, den Frauen Schmuck beigegeben. Zahlreiche verzierte Bronzegegenstände tragen kultische Zeichen, unter denen Vogelfiguren und Sonnensymbole überwiegen. Eine Eigenart besonders der späten Urnenfelderzeit sind Bronze-Hortfunde als Votivgaben an eine Gottheit oder Verstecke für Kriegszeiten. Urnenfelderzeitliche Hausgrundrisse sind bis auf jene der zahlreichen Siedlungen an den Ufern der Alpenseen (Pfahlbauten) bislang nur spärlich nachgewiesen. Die schon in den vorangegangenen Bronzeepochen belegten Handelskontakte intensivierten sich während der Urnenfelderzeit. Es fand dabei ein lebhafter Kulturaustausch zwischen dem Mittelmeergebiet und dem übrigen Europa statt. Die Spätbronzezeit gilt als die industrielle Blütezeit der Bronze-Metallurgie. Neue Produkte der Schmiede waren Helme und Panzer, Rasiermesser und Sicherheitsnadeln sowie Eimer und Tassen für fürstliche Prunkgelage. Der Handel mit dem für die Bronzemetallurgie wichtigen Zinn aus England reichte bis nach Griechenland. In allen Bronzeepochen gab es einige wenige besonders reich ausgestattete Königsgräber, die auf eine starke soziale Differenzierung hinweisen. Die vermutlich ältesten bronzezeitlichen Kulturen Mitteleuropas wurden in Ungarn entdeckt, beispielsweise die Nagyrev-Kultur in Ostungarn und die Kisapostag-Kultur in Westungarn. Aus Rumänien ist von der etwas späteren Otomani-Kultur eine von Mykene beeinflusste hochentwickelte Metallurgie belegt. Dort wurden Dolche und Streitäxte hoher Qualität gefertigt.

Der Ablauf der Bronzemetallurgie zu dieser Zeit ist mit Hilfe von Feldexperimenten, die von Archäometallurgen durchgeführt werden, vielfach untersucht worden. Solche Experimente sollen helfen, prähistorische Kupferherstellungsverfahren besser zu verstehen. Bei solchem Vorgehen werden die Produkte der Experimente (Schlacke, Kupferstein und Kupfer) später im Labor analysiert und mit entsprechenden Relikten, die auf prähistorischen Kupferverhüttungsplätzen gefunden wurden, verglichen. Aus diesen Arbeiten ergibt sich folgendes Bild: Als Kupfererz dienten in der Regel lokale Vorkommen. Oft wurde sulfidischer Kupferkies benutzt. Der Erzabbau erfolgte häufig durch die Feuersetzmethode. Dabei wurde das erzhaltige Gestein erhitzt und schnell mit Wasser abgekühlt. Durch die thermische Spannung wurde das Material brüchig und das Erz ließ sich mit Hilfe einer Spitzhacke herauslösen. Es wurde von taubem Gestein getrennt und in Stücke von wenigen Zentimetern Größe zerkleinert. Um den Rohstoff zu verhütten, mußte im Röstprozeß zunächst sein Schwefelgehalt durch ein oxidierendes Feuer reduziert werden. Dabei reagierte ein Teil

des Schwefels mit Luftsauerstoff und konnte in Form von Schwefeldioxid entweichen. Dieser Prozeß wurde vermutlich in Röstbetten durchgeführt. Diese bestanden aus Lehm mit einer Mulde im Zentrum und einer Berandung aus Stein. Solche Röstbetten wurden im mitteleuropäischen Raum von Archäologen freigelegt. Als Verhüttungsöfen wurden zum Teil Aggregate mit mehreren Brennkammern verwendet. Die Ofenwände bestanden aus großen Steinblöcken, die mit Lehm verkleidet waren. Einige der Öfen hatten eine offene Front, andere hingegen geschlossene Brennkammern und Frontmauern sowie Abstich- und Düsenlöcher für die Luftzufuhr.

Mitteleuropäische Kupfererze fanden sich insbesondere in Siebenbürgen, Nordungarn, im Erzgebirge, sowie in Thüringen, Salzburg und Tirol. Die wesentlich selteneren Zinnerze stammten besonders aus dem Fichtelgebirge und aus Cornwall, was seit alter Zeit auch den Beinamen *Tin-Land* trägt. Arsen, welches ebenfalls als Legierungselement in der Bronzezeit Verwendung fand, kam vor allem aus dem Frankenwald.

### 3.3 Von den Hethitern zu Asterix und Obelix — die Eisenzeit

Das oxidische Eisenmineral Hämatit oder Roteisenstein gehört zu den frühesten von Menschen systematisch gefördert und benutzten Materialien. Bereits in der Altsteinzeit gruben unsere Vorfäter nach diesem Mineral, um es zu künstlerischen und kultischen Anlässen als Farbstoff zu nutzen.

Die Reduzierung des Erzes zu metallischem Eisen gelang erst einige Jahrtausende später in der Eisenzeit. Die Epoche dieses Metalls löste als urgeschichtliche Periode die Bronzezeit ab. In Mitteleuropa bezeichnet der Begriff Eisenzeit die Zeitspanne zwischen dem Ende der Bronzezeit (um 800 v. Chr.) und der abendländischen Zeitenwende.

Erste Spuren systematischer Eisenverhüttung aus dem dritten Jahrtausend v. Chr. fanden die Forscher im Nahen Osten in der Stadt Ur. Kleine Schmuckstücke sind sogar aus dem vierten Jahrtausend v. Chr. erhalten. Bei vielen dieser Funde handelt es sich allerdings um Einzelstücke, die aus dem in diesen Breiten nur selten vorkommenden Meteoriteisen hergestellt wurden. Der meteoritische Ursprung solcher Gegenstände läßt sich an ihrem erhöhten Nickelgehalt und ihrer mikroskopischen Struktur erkennen. Aber auch verarbeitetes terrestrisches Eisen aus dem frühen dritten Jahrtausend v. Chr. taucht in Einzelstücken in den Ausgrabungen in Ägypten und Vorderasien auf.

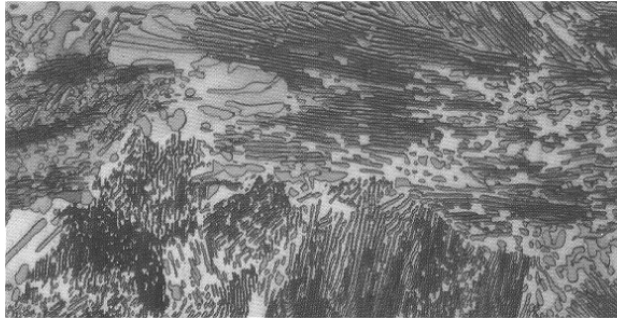


Bild 3.7: Mikrostruktur eines bereits lange vor Beginn der Eisenzeit weiterverarbeiteten Eisen-Nickel Meteoriten unter dem Mikroskop.

Die genauen Ursprünge der Eisenzeit in Ägypten sind umstritten. Mitte des 19. Jahrhunderts wurden in der Cheopspyramide (um 3700 v. Chr.), in der Pyramide des Unas sowie in einer der Pyramiden von Abusir verrostete Eisenstücke und vereinzelt auch Eisenmeißel gefunden. Die Herkunft dieser Funde ist jedoch unklar. Als ältestes Eisenstück läßt die Forschung heute meist eine ägyptische Lanzenspitze gelten, die in einem Grab zu Buhen in Nubien von etwa 1800 v. Chr. gefunden wurde. Wegen seiner Seltenheit war Eisen in Ägypten zu dieser Zeit äußerst wertvoll und wurde vereinzelt sogar zusammen mit Gold zu Schmuckgegenständen verarbeitet. Die Verwendung des Eisens als Schmuck kann mit der Trockenheit in dieser Region zusammenhängen, denn welcher Pharao würde es schon wagen, seine Ehefrau mit Rost zu behängen? Trotz dieser vereinzelt frühen Funde waren die Ägypter in der Eisenherstellung im Vergleich zu anderen Kulturen jener Zeit aber nicht führend.

Bezüglich Qualität und Masse werden die Leistungen der Metallurgen in den Reichen der Hethiter und Mitanni um diese Zeit in Anatolien von der Forschung heute weit höher eingeschätzt. Eisen wurde von den Hethitern zunächst im heutigen Inneranatolien im Bergland nördlich von Mesopotamien zu Schmuck verarbeitet. Erst ab dem 15. Jahrhundert v. Chr. war es jedoch möglich, das spröde Material zu schmiedbarem Stahl weiterzuverarbeiten, so daß um diese Zeit eine beachtliche Produktion von Gebrauchsgegenständen und Waffen einsetzte. Der an der Schwarzmeerküste vorkommende Magnetitsand, ein Magnesium-Eisen-Silicat mit hohem Eisengehalt und relativ niedrigem Schmelzpunkt, ließ sich gut schmelzen und weiterverarbeiten. Möglicherweise aufgrund ihrer über-

legenen Eisenmetallurgie beherrschten die Hethiter um die Mitte des 2. Jahrtausend v. Chr. den größten Teil Kleinasiens sowie das heutige Syrien, das sie der Kontrolle der Ägypter entrissen hatten. In dieser Epoche exportierten die Hethiter Eisenwaren bereits nach Syrien, Palästina, Ägypten, Mesopotamien, Persien und sogar bis in den Kaukasus. Erst nach der Zerstörung des Hethiterreiches um 1180 v. Chr. verbreitete sich die Technologie der Eisenverhüttung und Stahlherstellung allmählich in Richtung Mittelmeerraum und Asien.

Aus Indien ist uns aus der Eisenzeit ein besonders eindrucksvolles Dokument früher metallurgischer Kenntnisse der Eisengewinnung und -verarbeitung überliefert. In der Nähe von Neu-Delhi steht ein merkwürdiges Monument, das, der eingeprägten Inschrift zufolge, aus dem 9. Jahrhundert v. Chr. stammen soll. Diese sogenannte Kutub-Säule wiegt 17 Tonnen, und von ihren 16 Metern Gesamtlänge sind oberirdisch etwa 7 Meter sichtbar. Sie besteht aus chemisch besonders reinem Eisen. Es wird vermutet, daß die Säule aus vielen kleinen Blöcken zusammengeschweißt wurde. Allerdings ist an der Säule keinerlei Schweißnaht zu erkennen. Das besonders Rätselhafte an der Kutub-Säule ist, daß sie bis auf den heutigen Tag, also nach etwa 3000 Jahren, noch immer nicht die geringste Spur von Korrosion aufweist. Aus Sicht der Forscher gibt es dafür unterschiedliche Erklärungen. So ist bekannt, daß sehr reines Elektrolytisen in der Tat wesentlich korrosionsbeständiger ist als gering legierter Stahl. Allerdings bestünde dann die Frage, wie die Metallurgen jener Zeit so reines Eisen herstellen konnten. Auch wären Fett- oder Ölablagerungen als Ursache der Rostfreiheit denkbar. Schließlich ist zu berücksichtigen, daß die Säule in einer sehr trockenen Region steht.

Aber zurück in europäische Gefilde. In unseren Breiten fand Eisen bereits vereinzelt in den mitteleuropäischen Urnenfeldkulturen der späten Bronzezeit Verwendung. Als erste Hochphase der europäischen Eisenzeitkultur gilt aber die nach der wichtigsten Fundstelle im Salzkammergut in Oberösterreich benannte Hallstattkultur. Diese Epoche wird auch als ältere (keltische) Eisenzeit bezeichnet (800 bis 450 v. Chr.). Bei Hallstatt wurden ungefähr 2500 keltische Gräber mit reichen Beigaben gefunden.

Merkmale der Hallstattkultur sind nicht nur lange Eisenschwerter und Pferdegeschirre, sondern auch Hügelgräber von Fürsten mit wertvollen Grabbeigaben. Aber auch in den weniger vornehmen Gräbern spiegelt sich der große Wohlstand der Siedlung wider. Bei den Toten wurden Eisen- und Bronzeschwerter, Dolche, Äxte, Helme, Schüsseln sowie Gold- und Silberschmuck gefunden. Auch andere Schmucksachen aus Bernstein und Glasperlen fanden sich in den Gräbern. Die Siedlung in Hallstatt gehörte zu einem Handelsnetz, das sich über



Bild 3.8: Die bis heute rostfreie Eisensäule von Kutub in Indien aus dem 9. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung. Die Säule hat ein Gewicht von 17 Tonnen.

ganz Mitteleuropa erstreckte und von der Ostsee bis zum Mittelmeer reichte. Der Reichtum der Ansiedlung beruhte dabei keineswegs auf Eisenerz, sondern auf Salz, das in der Umgebung abgebaut wurde. In den letzten Jahrhunderten legten Bergarbeiter zahlreiche Funde aus dieser Zeit frei, wie Galerien mit Holzstützen und eine Reihe organischer Überreste, die das Salz konserviert hatte. Die Angehörigen einer Adelschicht residierten in großen Bergbefestigungen, während die bäuerliche Bevölkerung zumeist in Einzelgehöften siedelte. Bergwerksgeräte wie Pickel, Schaufel und Schlägel wurden gefunden, außerdem Kerzen zur Beleuchtung der dunklen Schächte, welche teilweise bis zu 300 Meter tief in den Berg reichten. Zudem entdeckte man Lederbehälter, die über Holzrahmen gezogen waren und mit denen die Bergarbeiter Salzblöcke zum Eingang der Mine zogen, sowie Kleidungsstücke aus Häuten und Fellen.

Die Landschaften nördlich der Mittelgebirge blieben von den Hallstattkulturen weitgehend unbehelligt. Archäologen vermuten, daß sich die vielfältigen hallstädtischen Handelskontakte stark nach Süden orientierten. Im Norden wurden, wie etwa am Beispiel der Urnengrabsitte zu erkennen, zunächst die Traditionen der jüngeren nordischen Bronzezeit fortgeführt.



Ebenfalls in die ältere Eisenzeit gehören die eisernen Antennenschwerter und die Möhringer Schwerter, die hauptsächlich zwischen 900 und 750 v. Chr. im germanischen Kulturkreis entstanden. Aus dem etruskischen Italien gelangten eiserne Metallprodukte als Importwaren nach Norden, ebenso in den illyrischen Kulturbereich, besonders nach Schlesien und Ostdeutschland. Dort traten Eisenwaffen nach und nach an die Stelle der bronzenen Geräte. Zwischen etwa 750 und 400 v. Chr. wurden die Bronzeschwerter endgültig durch Hallstattschwerter und Lanzen aus Eisen verdrängt. Besonders unter den frühen Funden im Kaukasus und der Ukraine sind auch viele Pferdegeschirre. Archäologen vermuten daher eine Förderung des Eisenhandels in dieser Region besonders durch Reitervölker.



Bild 3.9: Siegerländer Rennfeuer in der Latène-Zeit.

Die auf die Hallstatt-Kultur folgende jüngere (keltische) Eisenzeit wird als Latène-Kultur bezeichnet (450 v. Chr. bis Zeitenwende), nach dem Ausgrabungsort La Tène, einem eisenzeitlichen Opferplatz der Kelten am Neuenburger See in der Schweiz. Die Latène-Kultur erstreckte sich zwischen dem östlichen Frankreich und Böhmen in der Breite sowie zwischen Rheinland und den Alpen in der Länge. Griechische und römische Schriftsteller bezeichneten die Träger dieser Epoche durchweg als Kelten beziehungsweise Gallier.

Die frühe Latèneperiode wird durch das Eindringen der Kelten ins Alpenvorland charakterisiert. In der mittleren Latènezeit drangen die Kelten weiter in den alpinen Bereich vor. Als bedeutendes Metall- und Handelszentrum entstand Magdalensberg. Hier wurden die hochwertigen norischen<sup>3</sup> Eisenluppen erschmolzen sowie unterschiedlichste Stahlwaren hergestellt und gehandelt.

In jener Epoche weiteten keltische Stämme ihren Einflußbereich stark aus. Sie bedrohten nicht nur Oberitalien und Rom, sondern drangen auch bis nach England, Spanien, Italien und Ungarn vor. Mit dem Eindringen nach Kleinasien erreichten die Kelten ihre weiteste Ausbreitung. Wirtschafts- und Siedlungsformen der älteren Latènekultur glichen denen der vorausgegangenen Hallstattkultur. Die Kelten der älteren Latènezeit bestatteten ihre Toten überwiegend unverbrannt, zum Teil unter Grabhügeln. Die Fürstengräber zeichnen sich durch besonders reiche Beigaben aus, darunter Goldschmuck, Waffen und sogar vollständige Streitwagen.

Die wichtigste Wendemarke dieser Epoche war der Sieg der Römer über die Kelten in der Po-Ebene 222 v. Chr. In der folgenden späteren Latènezeit regierten die Gaufürsten als lokale Volkstribune. Eine keltische Zentralgewalt existierte nicht. Bergbau, Handel und der aus Comics bekannte Druidenkult gediehen. Die in den Mittelmeerbereich vorgedrungenen Kelten lernten zunehmend städtische Siedlungsformen kennen.

In Nachahmungen mediterraner Stadtanlagen sind im keltischen Gebiet zwischen Frankreich und Ungarn in der späteren Latènezeit zahlreiche Städte entstanden. Diese Siedlungen des zweiten und ersten vorchristlichen Jahrhunderts waren stark befestigte wirtschaftliche und kulturelle Zentren größerer Stammesgebiete. In Notzeiten suchten auch die Bewohner der umliegenden kleineren Siedlungen in ihren Mauern Schutz. Caesar bezeichnete diese keltischen Befestigungen von beträchtlicher Größe in exponierter Lage als *oppida* (lat. Städte). Der starke Einfluß der Mittelmeerwelt zeigt sich auch in den Anfängen der Geldwirtschaft sowie in kulturellen Umbrüchen, die sich besonders im Kunsthandwerk bemerkbar machten.

In den letzten Jahrzehnten vor Christi Geburt rückten die Römer unter Caesar im gallischen Krieg von Süden und die Germanen von Norden gegen die Kelten vor und beendeten deren Vorherrschaft in Mitteleuropa. Die Römer brachten dabei auch das keltische Schmiede- und Handelszentrum auf dem Magdalensberg in ihre Abhängigkeit.

---

<sup>3</sup>Norisches Eisen war das im keltisch geprägten Noricum (heute Österreich) erzeugte hochwertige, stahlähnliche Eisen, das in den keltischen und römischen Gebieten gehandelt und weiterverarbeitet wurde. Der Name *norisch* geht auf die keltische Göttin Noreia zurück.

Eisen gelangte vermutlich auch erst über die Kelten zu den Germanen, die wohl auch das keltische Wort *isarnon* für Eisen übernommen haben. Einige Wissenschaftler sehen die damalige keltische Eisenverhüttung und -verarbeitung bereits als eine Form der Großindustrie, in der zahlreiche Arbeiter beschäftigt waren. Auch Cäsar berichtete über die Erzbergwerke in Aquitanien und im Gebiet der Biturigen (keltischer Stamm in der Region um Bordeaux).

Als Beispiel eines großen Unternehmens auf industriellem Niveau kann ein Hügel in der Nähe von Nancy gelten. Dort hatten die Kelten einen doppelten Ringwall errichtet, der neben dem Hochplateau auch ein tiefer liegendes Gebiet umfaßte. Innerhalb des Ringes standen die Wohnhäuser, an den Hängen des Hügels waren tiefe Bergwerkstollen angelegt worden. Auf dem unteren Plateau befanden sich Rennöfen und Waffen- sowie Werkzeugschmieden. Rennöfen (vom altdeutschen *rennen* für schmelzen oder verflüssigen) waren Lehmschächte von bis zu mehreren Metern Höhe, die mit Luftlöchern versehen waren. Sie wurden mittels Holzkohle und Blasebälgen auf etwa 1200 °C erhitzt und über einen längeren Zeitraum mit einem Gemisch aus Erz und Holzkohle beschickt. Bei Temperaturen zwischen 1200 °C und 1300 °C erfolgte die Reduktion des Eisens aus dem Erz. Meist waren die Luftzufuhr und die erzeugte Hitze nicht ausreichend, um das Eisen völlig zu verflüssigen. Das Gestein im Erz schmolz zur Schlacke und umhüllte die Eisenteilchen. Diese waren dadurch vor dem Luftsauerstoff geschützt, ebenso vor dem Kohlenstoff, der das Eisen zwar härtbar, aber im Übermaß auch spröde macht. Durch die Schwerkraft sanken Eisen und Schlacke zum Boden des Ofens. Dort verklumpten die Eisenpartikel zu einer sogenannten Luppe. War alles Erz eingesetzt und reduziert, wurde der Ofen heruntergefahren, zerschlagen und die Luppe entnommen. Durch anschließendes Ausschmieden und Feuerschweißen entstand aus der anfangs noch mit Schlackeneinschlüssen durchsetzten Luppe ein weiches, kohlenstoffarmes Schmiedeeisen, das zu Geräten und Waffen weiterverarbeitet werden konnte.

Der größte Vorteil, den das neue Metall gegenüber der Bronze hatte, bestand in der leichten Verfügbarkeit und weiten Verbreitung seiner Erze. Abgebaut wurden vor allem der Brauneisenstein, der Roteisenstein und das Raseinerz. Eisen erforderte keine besonderen Legierungsverfahren und eignete sich zur Herstellung von Sägen, Äxten, Hacken und Nägeln. Der Nachteil bestand darin, daß es schwer zu verarbeiten war. In vorgeschichtlicher Zeit konnte man in Europa noch keine ausreichend hohen Temperaturen erzeugen, um die Luppen vollständig aufzuschmelzen, so daß man es in Formen hätte gießen können. Interessant ist auch die Eisenzeit in China. Dort begann man bereits ab etwa 600 vor unserer Zeitrechnung, Eisen zu schmelzen und zu gießen. Die dafür

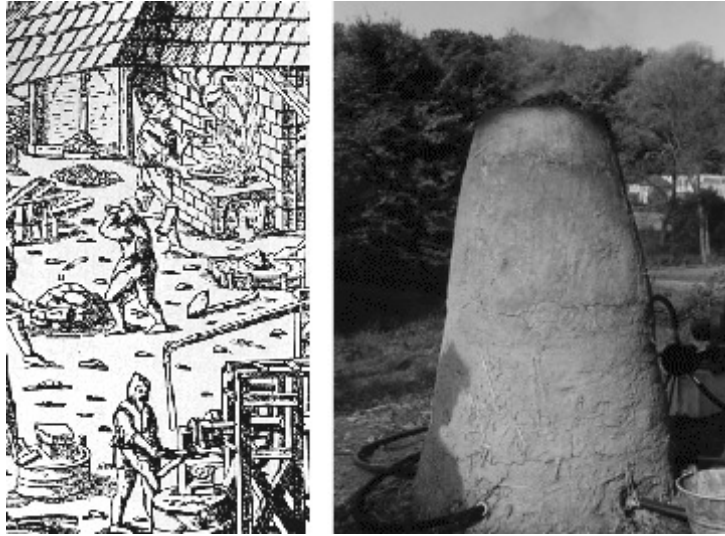


Bild 3.10: Mittelalterlicher Rennofen (links) und Nachbau (rechts).

erforderlichen sehr hohen Temperaturen konnten in den nächsten 1000 Jahren nirgendwo sonst erzeugt werden (in Europa begann man erst im 14. Jahrhundert Eisen zu gießen). Die Chinesen produzierten große Mengen gußeiserner Werkzeuge und Waffen. Neue Geräte und Holzwerkzeuge mit eisernen Spitzen erhöhten die Produktivität der Landwirtschaft. Ebenso wie in Europa entstand in China zu dieser Zeit die Münzprägung. Stadtbefestigungen und das Waffenarsenal machen deutlich, daß der Krieg das Leben beherrschte. Dies zeigt sich besonders in der Vollendung der Chinesischen Mauer und der berühmten Terrakotta-Armee von Chinas erstem Kaiser, Qin Shi Huangdi.

### 3.4 Das Rheingold

Wie steht es denn nun nach all der Bronze und dem Eisen mit der Geschichte der Edelmetalle bei den Kelten und Germanen in unseren Breiten? Zu den eher bescheidenen Anfängen hinsichtlich der Gewinnung und Nutzung der Bodenschätze auf deutschem Boden gibt es erste schriftlich Angaben von Tacitus im 5. Kapitel seines Buches *Germania*. Dort sagt er „*Gold und Silber haben die*

*Götter den Germanen, ich weiß nicht, ob aus Gnade oder im Zorn, versagt. Doch will ich nicht behaupten, es gäbe in Germanien überhaupt keine Gold- oder Silberader. Denn hat schon jemand danach gesucht?“*

Die ersten professionellen Goldsucher sollen um etwa 2000 v. Chr. im Auftrag kretischer Herrscher nach Mitteleuropa gekommen sein und dabei unter anderem in Thüringen und im Fichtelgebirge nach Gold gesucht haben. Von den römischen Geschichtsschreibern Diodorus Siculus und Poseidonios wissen wir, daß die Kelten Münzen aus Gold prägten, das sie hauptsächlich aus dem Sand ihrer Flüsse filterten. Das Gold des Rheins, das in der Edda und der Nibelungensage ja ausführlich behandelt wird, wurde auch in kriegerischen Zeiten systematisch gewonnen. Weder die Eroberung des damals gallischen Rheintales durch die Römer noch der Einbruch der Alemannen konnte die Goldwäscherei am Rhein zum Erliegen bringen. Auch den germanischen Völkern war das Rheingold bekannt. Ermoldus Nigellus rühmt den Rhein als Goldspender in einer Elegie an König Pippin, und der Mönch Otfried von Weihenburg hebt in seiner Evangelienharmonie ausdrücklich hervor, daß im rheinischen Frankenlande Flußgold gewonnen werde. Von der keltischen Goldwäscherei am Rhein ist eine detaillierte Schilderung überliefert, die dem Mönch Rogkerus zugeschrieben wird: *„Sandgold ist jenes, welches auf diese Weise an dem Ufer des Rheines gefunden wird. Man gräbt den Sand an jenen Stellen, wo man es zu finden hofft, und bringt ihn auf Holztafeln. Dann übergießt man es mit Wasser. Fließt nun der Sand mit fort, so bleibt ein sehr feines Gold zurück, welches besonders in einem Gefäß aufbewahrt wird. Wenn nun das Gefäß zur Hälfte gefüllt ist, schütte Quecksilber darauf und durchrühre es tüchtig mit der Hand, bis es sich gänzlich vermischt hat. Dann wird es auf ein feines Linnen gebracht und das Quecksilber ausgewunden. Was aber zurückbleibt, kommt in den Gußtiegel und wird geschmolzen.“*

Bergbau haben die Germanen bereits zur Zeit des Tacitus und auch lange vorher schon betrieben. Gold und Silber allerdings interessierten sie offenbar wenig. Dies hebt auch Tacitus ausdrücklich hervor: *„Besitz und Verwendung dieser Metalle reizen die Germanen nicht sonderlich.“*

Er berichtet weiterhin, daß bei ihnen Gefäße aus Silber, die ihre Gesandten und Fürsten geschenkt bekamen, ebenso gering gewertet wurden wie solche aus Ton. Den Germanen war die Bedeutung von Gold und Silber an Rhein und Donau wegen des Handelsverkehrs mit den Römern sehr wohl bewußt, im Landesinneren wurde aber weiter der althergebrachte Tauschhandel betrieben.