

Schweißen und Löten schon seit 5000 Jahren – Schmuck, Gebrauchsgegenstände und Waffen

Die Überschrift zu diesem Beitrag könnte man auch mit einem Fragezeichen versehen. Denn was ist wirklich bekannt, was die Menschen vor 5000 Jahren mit den damals bekannten Metallen gemacht haben? Dazu erläuternd zwei Feststellungen: Mit den 5000 Jahren wird nur ein ungefährer Zeitraum genannt. Einige hundert Jahre hin oder her – so genau kann man das mangels verlässlicher Datierungen nicht festlegen.

Frühe Funde aus Mesopotamien

Eines der frühesten Zeugnisse des Lötens findet sich bei den Sumerern, die seit Beginn des 3. Jahrtausends v. Chr. in Babylonien, dem Lande neben und zwischen Euphrat und Tigris (also dem heutigen Irak) nachweisbar sind. Damals schon entstanden kleine Kunstwerke in Kupfer sowie silberne und goldene Gefäße. Als ältestes, heute noch erhaltenes Beispiel für eine Silberlötung ist die Silbervase von Entemena mit Lötstellen an Hals und Bronzefuß aus der Zeit von etwa 2800 v. Chr. bekannt. Nur wenig jünger sind die geradezu aufregenden Grabbeigaben aus den in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts von englischen Forschern ausgegrabenen „Königsgräbern“ von Ur im südlichen Irak. Die zahlreichen Funde können heute im Britischen Museum in London besichtigt werden – und nicht nur das: wer Zugriff zum Internet hat, kann sie sich aufrufen über die Suchbegriffe „Britisches Museum“ und „Ur“. Sie werden auf die Zeit von 2600 bis 2400 v. Chr. datiert.

Zu den schönsten und für die Schweißtechnik interessantesten Stücken gehören die in **Bild 1** gezeigten „Zügelringe“ aus dem Grab der Königin Pu-Abi.

Sie waren ursprünglich an einer hölzernen Deichselstange befestigt gewesen und dienten zur Führung der Zügel für Zugtiere. Besonders interessant sind die verwendeten Metalle. Es handelt sich dabei nicht, wie in manchen Quellen angegeben, um ein einheitliches Metall.

Tatsächlich sind zwei verschiedene Metalle daran beteiligt: Der untere Teil des 13,5 cm hohen und 241 g schweren Objektes – also die Ringe und deren Befestigung – ist aus Silber (Silbergehalt 93,5 %, Kupfergehalt 6 %).



Bild 1. Zügelringe aus einem der Königsgräber in Ur (2600 bis 2400 v. Chr.).

Die Figur des wilden Esels aus Gold (genauer aus „Elektrum“, frühere Bezeichnung auch „Elektron“, einer gediegen in der Natur vorkommenden Gold-Silber-Legierung mit hohem Goldgehalt, hier mit 65 % Gold, 31 % Silber und 2 % Kupfer). Dass es zwei verschiedene Metalle sind, lässt sich sogar sehr gut an der farbigen Darstellung des Britischen Museums auf der Internetseite erkennen. Nach M. Puschner sind beide Teile miteinander verschweißt; das Britische Museum äußert sich nicht zu der Art der thermischen Verbindung und spricht nur von „fixed“. Eindeutigere Beispiele für das thermische Verbinden von Metallen sind ein Pokal aus Elektrum mit angelötetem Fuß, **Bild 2**, oder eine kleine Goldschale mit angelöteten kurzen Rohrstückchen aus Gold als Ösen zum Aufhängen, **Bild 3**.



Bild 2. Pokal aus Elektrum mit angelötetem Fuß (Höhe etwa 10 cm).

Hier nennt das Britische Museum als Verbindungsverfahren das Hartlöten („brazing“ oder „hard-soldering“).



Bild 3. Goldene Schale mit angelöteten kurzen Rohrstückchen (Höhe etwa 7 cm).

Es wurden noch mehr ähnliche Konstruktionen gefunden: eine Silberschale mit angelöteten Rohrstückchen aus Gold, eine gleichartige Konstruktion mit der Schale aus Kupfer und den angelöteten Rohrstückchen aus Silber – hier ließen sich in der korrodierten Verbindung noch Spuren von Zinn nachweisen – oder gelötete goldene Fingerringe. Die Funde aus den Königsgräbern von Ur – in der breiten Öffentlichkeit und gerade auch in Deutschland längst nicht so bekannt wie die Funde aus dem Grab des ägyptischen Königs Tutanchamun, aber dafür rund ein Jahrtausend älter – liefern darüber hinaus Schmuckstücke von ausgesuchter Schönheit aus Gold in Kombination mit dem blauen Lapislazuli und rotem Karneol, **Bilder 4 und 5**.



Bild 4. Schmuckstück aus Gold, Lapislazuli und Karneol.



Bild 5. Halskette aus Perlen von Gold, Lapislazuli und Karneol mit goldenem Anhänger.

Gold bei den Ägyptern und die Kunst der Granulation

Die von den Ägyptern entwickelte Meisterschaft in der Goldverarbeitung ist einem breiten Leserkreis bekannt durch die Schätze, die aus Tutanchamuns Grabkammer geborgen werden konnten. Dabei beherrschten die Ägypter das Lötten von Gold schon in ihrer ersten Dynastie (um 2900 v. Chr.). Nach J. Wolters, der sich intensiv mit antiker Löttechnik befasst hat, sind schon diese ältesten ägyptischen Lötungen selbst unter der Lupe kaum als solche zu erkennen, da sie sehr sauber ausgeführt sind. Als Meisterwerk ägyptischer Goldschmiedekunst aber gilt ein Prunkdolch Tutanchamuns mit einer Klinge aus gehärtetem Gold und mit einem durch Granulationsarbeit verzierten goldenen Griff. Mit der „Granulation“ ist eine Goldschmiedetechnik gemeint, die heute noch als anspruchsvolle Technik des Goldschmiedes zu den schönsten Schmuckstücken führt. Dabei wird die metallische Bindung zwischen dem zu verzierenden Schmuckstück und den kleinen ornamentbildenden „Granalien“ durch verschiedene Methoden erreicht. Eine davon ist das „Reaktionslötten“ mit „Reaktionslötten“. Hierunter versteht man „mineralische oder künstlich gewon-

nene Kupferverbindungen, die unter dem Einfluss der reduzierenden Atmosphäre des Holzkohlenfeuers und in der Hitze verkohlter Klebstoffe zu metallischem Kupfer reduzieren, das als Lot wirkt und mit dem Grundwerkstoff durch Diffusion eine Oberflächenlegierung bildet, die – im Gegensatz zu Lotlegierungen – durch anhaltende und wiederholte Erwärmung an Festigkeit zunimmt“. Diese Kunst verbreitete sich auch in andere Kulturkreise, beispielsweise nach Mesopotamien, **Bild 6**, und später zu den Etruskern.



Bild 6. Armreif mit Granulationen und Filigranarbeiten, gefunden in der Nähe von Bagdad (Herkunft 15. bis 12. vorchristliches Jahrhundert, Durchmesser 6,2 cm).

Silber im vorderen Orient

Im alten Ägypten wurde schon im 3. vorchristlichen Jahrtausend Gold bei Assuan und in Nubien bergmännisch unter unvorstellbaren Bedingungen abgebaut – Silbervorkommen aber fehlten. Deshalb war es bis ins 2. vorchristliche Jahrhundert hinein dort wertvoller als Gold. Die über 1 m lange silberne Trompete im Grabschatz von Tutanchamun fällt dann besonders auf.

Die Griechen haben in ihren attischen Silberbergwerken große Mengen an Silber gewonnen und dieses Metall geschickt verarbeitet. Auch im römischen Reich nutzten die reichen Leute Silber zur Verschönerung des täglichen Lebens. Ein Beispiel dafür ist der Hildesheimer Silberschatz, den man 1868 ausgegraben hat und der aus 61 silbernen Tafel- und Prunkgeräten besteht, die zum größten Teil in der Zeit des Kaisers Augustus entstanden sind. Etwas kleiner ausgefallen ist der spätrömische Silberschatz von Augst (bei Basel), in dem die großen Durchmesser einiger Platten (bis zu 610 mm) auffallen. Der schweizerische Forscher Alfred Mutz, der sich besonders mit der Kunst des Metall-

drehens bei den Römern befasst hat, hat silberne Teller und Schalen gefunden, bei denen der Standring angelötet worden ist.

Kupfer und Bronze – für die Gebrauchsgegenstände des täglichen Lebens

Eine ganze Epoche der frühen Geschichte wird als „Bronzezeit“ bezeichnet – der Zeitraum zwischen Jungsteinzeit und Eisenzeit, in welchem die Bronze der wichtigste Werkstoff für Waffen und Geräte war. Für Mittel- und Nordeuropa beginnt dieser Zeitraum etwa zwischen 1800 und 1600 v. Chr. und endet in den meisten Gebieten um etwa 800 v. Chr. Für die Ägäis wird auch eine „frühe Bronzezeit“, etwa ab 2500 v. Chr., formuliert. Man sollte aber nicht vergessen, dass die Einteilung der verschiedenen Zeitalter des Menschengeschlechtes keine eindeutige Aussage ist, denn schon während der „Bronzezeit“ ist auch Eisen verarbeitet worden – und in der „Eisenzeit“ war die gießtechnisch so gut zu verarbeitende Bronze immer noch ein weit verbreiteter Werkstoff für Gegenstände des täglichen Lebens und für Kunstwerke.

Manche Forscher ordnen vor die Bronzezeit noch eine Kupferzeit ein – und Kupfer dürfte in der Tat das erste Gebrauchsmetall des Menschen gewesen sein. In Mesopotamien und Ägypten sollen schon vor 4000 v. Chr. Zimmerleute mit kupfernen Äxten und Bohrern gearbeitet haben. Die Fähigkeit damaliger Kupferschmiede zeigt ein kupferner Opfergäbentisch mit getriebenen Kupfergefäßen aus einem Grab (um 2300 v. Chr.), die im Britischen Museum aufbewahrt werden. Die Entdeckung der Bronze, der Legierung von Kupfer mit Zinn, soll schon den Sumerern um 3100 v. Chr. neue Gestaltungsmöglichkeiten gegeben haben – vermutlich angestoßen durch die Entdeckung zinnhaltiger Kupfererze. In Ägypten entstehen um 2500 v. Chr. Plastiken aus Bronze, die sich um 2000 v. Chr. in allen Kulturen des östlichen Mittelmeerraumes durchgesetzt haben dürften.

Was der jüdische König Salomo zum Ausschmücken seines Tempels in Jerusalem hat fertigen lassen, wird im Alten Testament beschrieben. Für diese Arbeiten „ließ er holen Hiram

von Tyros ..., der war ein Meister im Erz, voll Weisheit, Verstand und Kunst, zu arbeiten allerlei Erzwerk“. Was Luther hier „Erz“ nennt, wird heute mit „Bronze“ übersetzt. Da gab es zwei Säulen, 18 Ellen hoch und 12 Ellen im Umfang, mit 5 Ellen hohen, aus Bronze gegossenen Kapitellen. Es gab ein auf 12 bronzenen Rindern stehendes gegossenes „Meer“ mit 10 Ellen Durchmesser und dreißig Ellen Umfang, eine Handbreit dick mit einem Rand – dies war offenbar ein Becken für rituelle Waschungen der Priester. Es gab auch 10 „eherne Gestühle“ (fahrbare Gestelle aus Bronze), „einerlei Maß und Gestalt war an allen“. Hiram schuf auch zehn Bronzekessel. All das „ließ der König gießen in der Gegend am Jordan in dicker Erde“. Wie ja das Gießen von Bronze eine weit verbreitete Kunst in der Antike gewesen ist, dann auch in Ägypten. War der Guss eines großen und schweren Tempeltors gelungen (wie ein Wandbild aus dem Amun-Tempel zu Karnak zeigt, **Bild 7**),



Bild 7. Guss von Tempeltüren aus Bronze in Ägypten

kam diese technische Leistung in die Biographie des damit beauftragten Beamten. Bis zum 6. Jh. v. Chr. aber waren in Ägypten zum Bearbeiten von Kalk- oder Sandstein noch Meißel aus Kupfer mit einer durch Hämmern gehärteten Spitze in Gebrauch. Feineres „Werkzeug“ nutzte der ägyptische Arzt, beispielsweise Pinzetten aus Bronze.

Eine Fülle von Bronzearbeiten ab dem 8. vorchristlichen Jahrhundert sind von den Etruskern erhalten geblieben: Vasen und Kannen, große Statuen und kleine gegossene Figuren, ein kleiner Bronzewagen als Grabbeigabe, Beile und Bronzemasseln, Schwerter, Helme, Lanzenspitzen, Pferdetrensen, Rasierrmesser, Fibeln. Die Handels-

partner der Etrusker, die Griechen, waren nicht weniger produktiv, wenn es um die Verarbeitung von Bronze ging: Figuren oder ganze Figurengruppen, Altarbildnisse, Kultstatuen, Heldenbilder haben sie als Weihegeschenke an Götter oder Ehrenstatuen für Sieger in Wettkämpfen hergestellt. Eines der sieben Weltwunder der Antike, die Statue des Zeus in Olympia, war zwar aus Gold und Elfenbein, aber ein anderes Weltwunder war aus Bronze: der etwa 32 m hohe Koloss von Rhodos, zu Beginn des 3. Jh. v. Chr. in Einzelteilen gegossen und wohl durch eine Innenkonstruktion aus Eisen zusammengehalten. Seine Reste als Bronzeschrott sollen noch einige Jahrhunderte dort gelegen haben, bis sie nach der Eroberung der Insel durch die Araber abtransportiert und eingeschmolzen worden sein sollen.

Es gilt als gesichert, dass das Gießen lebensgroßer Bronzefiguren von den Griechen erfunden wurde.

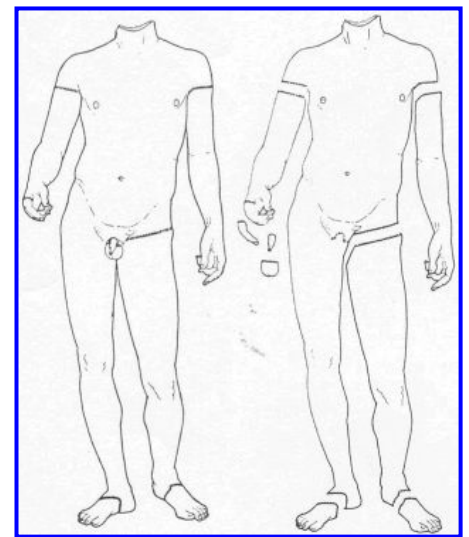


Bild 8. Verbindungstechnischer Aufbau einer römischen Bronzestatue.

gründliche Untersuchung englischer Wissenschaftler, die an einer Bronzefigur aus dem 2. nachchristlichen Jahrhundert Verbindungsschweißungen festgestellt haben. Sie wurden abschnittsweise in einer Art Gießschweißen ausgeführt, vermutlich zuerst als Heftschweißung mit nachfolgendem Ausgießen der Zwischenräume.

Bronze im täglichen Leben Roms und in Mitteleuropa

Die gute Eignung von Bronze zur Formgebung durch Gießen hat nicht nur zu ihrer Verwendung in Kunstwerken, sondern in vielen Gegenständen des täglichen Lebens geführt. Das bezeugen die Ausgrabungen der im Jahre 79 n. Chr. durch den Vesuvausbruch verschütteten Städte Pompeji und Herculaneum. Man fand beispielsweise nicht nur Bronzestatuen und Bildwerke (auch mit Blei ausgegossen), sondern Geldtruhen aus Bronze für die Aufbewahrung der häuslichen Schätze, kleine Bronzespiegel, Bronzelaternen, auf Löwenköpfen ruhende Badewannen, in Schanktische eingebaute bronzene Gefäße für kalte und warme Getränke im Straßenverkauf, einen bronzenen Brunnen in der Mitte eines Wasserbeckens und das „Geschäft“ des Bronzegießers Verus mit einer großen Bronzelampe und den für die Arbeit eines Landvermessers erforderlichen kleinen Geräten. Ohne Hartlötungen hätten viele dieser Gegenstände nicht geschaffen werden können.

Öllampen gehörten zum abendlichen

Den Bronzehohl-guss, das bis heute übliche Gießverfahren, scheinen in großem Format erstmals Künstler von den griechischen Inseln im 6. vorchristlichen Jahrhundert ausgeführt zu haben. Die römische Antike, welche die griechische Kunst zum Vorbild nahm, verstand es dann, die Gießkunst durch die Entwicklung des oft nur wenige Millimeter dicken Dünnwandgusses zu einer technischen Spitzenleistung zu führen. Bei der Untersuchung einer großen Bronzefigur, des „Jüngling von Salamis“, konnte der Nachweis geliefert werden, dass die Figur aus 11 Teilen gegossen und dann zusammengelötet worden war.

Dazu gibt es allerdings auch eine

und nächtlichen Leben der Römer. Die „einfachen Leute“ benutzen solche Lämpchen aus Ton, die Besserverdienenden leisteten sich Lämpchen aus Bronzeguss, die rings um die Einfüllöffnung und am Standring auf der Drehbank nachgedreht worden waren. Manche haben einen gedrehten Deckel, andere sind herstellungsbedingt mit einer großen Bodenöffnung gegossen worden, in welche später ein Boden eingepasst und dann eingelötet worden war. Die Henkel waren angelötet, wie man **Bild 9** entnehmen kann.



Bild 9. Römische Öllämpchen aus Bronze mit angelötetem Henkel.

Fast sensationell wirkte 1919 ein Fund im Städtchen Stade in Niedersachsen: ein Quartett von vier gegossenen Rädern aus Bronze, Durchmesser 58 cm, Gewicht eines Rades fast 12 kg. Es ist der einzige nördliche Fund von Rädern dieser Art – er wird auf das 9. Jh. v. Chr. datiert. Man vermutet, dass diese Räder zu einem sakralen Gefährt gehört haben, denn ihre Tauglichkeit auf schlechten Pisten wird wegen der Sprödigkeit der Bronze angezweifelt. Besonders interessant aber ist, dass den damaligen Bronze gießern der fehlerfreie Guss nur bei einem einzigen Rad gelungen war – die drei anderen hatten sie durch „Überfangguss“ und „Verbundguss“ ausbessern müssen. Sie hatten damit eine Arbeitsmethode gefunden, die dem heute noch bekannten Gießschmelzschweißen sehr verwandt ist.

Eisen – der Bronze überlegen

Mit dem Auftauchen des Eisens hat sich für unsere Vorfahren die Welt verändert. Die Werkzeuge wurden härter und schärfer, die Waffen wirkungsvoller. Noch heute leben wir in der Eisenzeit, genauer gesagt der „Stahlzeit“, auch wenn Beton, Kunst-

stoffe oder Aluminium als neue Werkstoffe hinzugekommen sind. Wie und wann der Mensch auf Eisen gekommen ist, bleibt im Dunkeln der Geschichte. Sicher nicht erst bei Beginn der „Eisenzeit“. Forscher vermuten als erste Eisenquellen Meteoreisen, das sie wegen seines Nickelgehaltes von 10,8 % als Ursprung eines Dolchstückes in Ur aus der Zeit von etwa 3100 v. Chr. erkannt haben. Auch die Ägypter kannten das Eisen. Einer der Prunkdolche von Tutanchamun mit granuliertem Goldgriff aus seinem Grab (1352 v. Chr.) besitzt eine damals extrem kostbare Klinge aus Eisen. Aber für Werkzeuge – beispielsweise Meißel – wurde es dort offenbar erst ab dem 6. Jh. v. Chr. verwendet. Den Griechen galt das Schmieden als besondere Kunst. Sie hatten dafür auch einen Gott als zuständig ausgewählt: den Schmiedegott Hephaistos, Gott des Feuers, vermählt mit der Göttin der Liebe und Schönheit Aphrodite. Tief im Innern der Erde schmiedet er kunstvolle Waffen und fertigt kostbaren Schmuck. Seine Esse hat er unter rauchenden Vulkanen. Seine Werkstatt ist dunkel – und das hat einen praktischen Grund: er muss beim Schmieden und Schweißen sehr genau die Farben des rotwarmen Eisens sehen können.

Der erste Schweißer der Weltgeschichte?

Eine reizvolle und doch müßige Frage: wer hat das Feuerschweißen erfunden? Auf der Suche nach den ersten Spuren stößt man auf den griechischen Geschichtsschreiber Herodot, der im 4. Jahrhundert v. Chr. eine Geschichte Griechenlands geschrieben hat und darin von dem König Alyattes berichtet, der dem Tempel in Delphi „einen großen silbernen Mischkrug und einen kleinen eisernen Untersatz, der aus Teilen zusammengeschweißt war“ gestiftet habe. Und er fügt noch an, dies sei „ein Werk des Glaukos aus Chios, der bekanntlich als einziger Künstler auf Erden die Methode erfunden hatte, Eisen zusammenzuschweißen“. Ist damit nun der Erfinder des Schweißens gefunden? Bei den Geschichten von Herodot sollte man etwas vorsichtig sein. Denn er erzählt Geschichte und Geschichten. Außerdem stellt sich die Frage, welche Art der

Verbindung er wirklich gemeint hat. Wie uns die Altphilologie sagt, kann das von ihm verwendete Wort „kolla“ nicht eindeutig mit „Schweißen“ übersetzt werden. Es gibt Fachleute, die es mit „Löten“ übersetzen – und man findet sogar Übersetzungen, die vom „Leimen“ reden. Tatsächlich bedeutet es „fest zusammenfügen“. Auch der Reiseschriftsteller Pausanias, der im zweiten nachchristlichen Jahrhundert Griechenland bereiste und in Delphi den eisernen Untersatz noch gesehen hat, kann uns nicht helfen, wenn er nach dem Hinweis auf Herodot schreibt: „Jedes Stück des Untersatzes ist an dem andern nicht mit Nadeln oder Stiften befestigt, sondern nur die Verbindungsmasse hält es zusammen und ist selbst für das Eisen die Verbindung“. Damit man sich diese frühe Schweiß- oder Lötarbeit aus Eisen genauer vorstellen kann, hier noch die Beschreibung von Pausanias: „Die Gestalt des Untersatzes ist etwa wie ein Turm, der von einer breiteren Grundfläche aus spitz zugeht. Jede Seite des Untersatzes ist nicht ganz geschlossen, sondern die eisernen Querbänder sind wie die Sprossen an einer Leiter. Die aufsteigenden Spitzenteile biegen sich an der Spitze nach außen, und das war das Auflager für den Mischkrug“. Eine Vorstellung vom Zweck solcher Geräte mag uns **Bild 10** geben – dies ist eine etruskische Arbeit (datiert um 675 c. Chr.): ein mit Figuren (diese dürften angelötet sein) verzierter Bronzekessel auf einem Dreifuß, dessen Verstrebungen aus Eisen sind. Lassen wir die vergebliche Suche nach dem ersten Schweißer der Weltgeschichte. Über Jahrtausende hinweg gehörte das Feuerschweißen von Eisen mit Schmiedefeuer und der Amboss zur handwerklichen Kunst der Schmiede und Schlosser – bis dieses Warmpressschweißen nach der Entdeckung von konzentrierten Wärmequellen wie Lichtbogen oder Brenngas-Sauerstoff-Flamme von Schmelzschweißen abgelöst wurde.

Etrusker und Römer

Die Etrusker genossen in der antiken Welt weitverbreitetes Ansehen für ihre Metallverarbeitung. Das galt nicht nur für Gold und Bronze, sondern auch für Eisen. Heutige Toskana-Touristen sind beeindruckt,

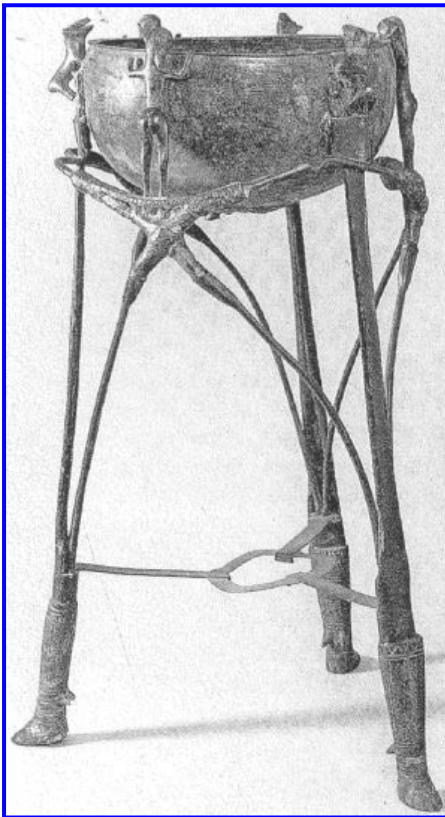


Bild 10. Bronzekessel auf Dreifuß aus einem etruskischen Grab (um 675 v. Chr.); die Verstrebungen des Ständers sind aus Eisen.

wenn sie in Populonia die Reste der etruskischen Verhüttung von Eisenerz von der Insel Elba sehen – dazu Bilder von riesigen, bis zu 10 m hohen Halden von Eisenschlacke, die im vergangenen Jahrhundert wegen ihres noch hohen Metallgehaltes erneut abgebaut wurden und dabei etruskische Gräber mit wertvollen Schätzen freigegeben haben. Wenn man die vergleichsweise wenigen Fundstücke aus Eisen – das die Jahrhunderte erheblich schlechter übersteht als andere Metalle – in Museen betrachtet, bekommt man Achtung vor den etruskischen Schmieden. Da gibt es beispielsweise eiserne Schmiedezangen aus dem 5. Jh. v. Chr., eine eiserne Haltevorrichtung für eine Vase aus dem 7. Jh. und einen eisernen Armreif aus dem 8. Jh. v. Chr. Einen teilweise erhaltenen eisernen Radreifen mit nach innen gerichteten Nägeln kann man in Tarquinia finden, zweiarmige Anker aus Metall in Populonia.

Die Römer haben das Erbe der Etrusker übernommen – und vielleicht hat deren zu überlegenen Waffen führende handwerkliche Kunst mit zur Eroberung eines Weltreiches beigetragen. Es wäre ja

nicht das erste Mal in der Geschichte, dass die Beherrschung der Metallverarbeitung kriegsentscheidend war: als während der „dorischen Wanderung“ um 1200 v. Chr. die Dorer nach Griechenland vorstießen, waren sie mit ihren Hiebschwertern und Schilden aus Eisen den achaischen Kriegern mit ihren bronzenen Stoßschwertern überlegen. Wie die Römer Eisen im täglichen Leben nutzten, lässt sich wieder den Ausgrabungen von Pompeji entnehmen: Tresore aus Eisen oder mindestens mit Eisen beschlagen, eiserne Fingerringe mit oder ohne einen Schmuckstein, ein eisernes Schiebewerk für die Atriumöffnung der Gladiatorenkaserne, ein Gladiatorenhelm mit Eisenschirm, ein eiserner Anker. Im militärischen Leben war Eisen – wie nicht anders zu erwarten – stärker vertreten. In der Nähe von Augsburg fand man 1913 nicht weniger als neun Zentner römischer Eisenreste, offenbar das Inventar eines Legionslagers: Metallteile von Schild und Helm, eine ganze Eisenhelmaube, Dolche, Stücke von Wurfspießen mit Eisenspitze, von Schwertscheiden und Wehrgehängen, Lanzen- und Pfeilspitzen, Sichel, Sensen, Eisenmesser, Beile, Bohrer, Zangen, Handwerkszeug vom Amboss bis zum Nagelzieher, vom Stemmeisen bis zur Spitzhaue. Dazu zahllose Nägel in den verschiedensten Größen und Formen, Schmiedereste und Lötzinn.

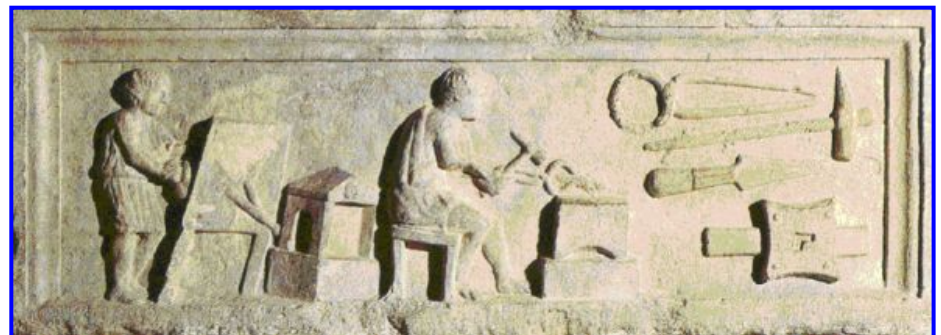


Bild 11. Römische Schmiedewerkstatt auf einem Grabstein in Aquileia – dargestellt mit Werkzeugen und einem Kastenschloss als Produkt des Schmiedes.

Wie zu römischen Zeiten eine Schmiede aussah, ist auf einem in Aquileia erhaltenen Grabstein überliefert, **Bild 11**: der Schmied sitzt auf einer Bank und bearbeitet das Eisen, der Geselle (links) bedient

hinter einem Strahlungsschutz den doppelwirkenden Blasebalg für das Schmiedefeuer, rechts sind als Werkzeuge eine Schmiedezange, ein Schlosserhammer und als Produkt der Arbeit ein fertiges Kastenschloss zu erkennen. Römische eiserne Schlüssel für solche Schlösser findet man in vielen deutschen Provinzmuseen in allen Größen – vom kleinen Schlüssel für die Geldtruhe bis zum schweren Schlüssel für das Hoftor, **Bild 12**. Einen eisernen römischen Radreifen kann man im Depot des Römermuseums Augst bei Basel finden.

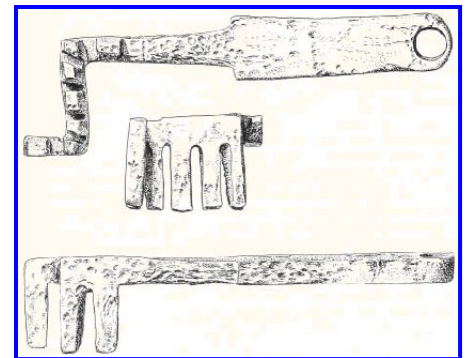


Bild 12. Römischer Schlüssel.

Mit einem Durchmesser von etwa 1100 mm, einer Breite von 30 bis 32 mm und einer maximalen Dicke von 3 mm ist er aus vier Einzelstücken zusammengesetzt und an vier Stellen im Feuer geschweißt worden. Natürlich hat das Eisen im Lauf vieler Jahrhunderte gelitten (ein Problem bei allen eisernen Fundstücken,

wenn sie überhaupt die Zeit in feuchter Erde überstanden haben). Trotzdem entdeckt man die Schweißstellen erst nach intensivem Suchen und auch nur dann, wenn man die erste gefunden hat – so gut sind sie ausgeführt.

Gallier und Germanen

Caesars Gegner in Gallien waren aber keineswegs „Stümper“ bei der Eisenverarbeitung. So berichtet

Caesar bei der Schilderung der Schiffe des am Atlantik wohnenden und den Seeverkehr mit Britannien treibenden Stammes der Veneter von den daumendicken Nägeln, mit denen die fußdicken Balken zusammengehalten waren, und von den eisernen Ketten, an denen – anstatt an Tauen wie offenbar bei der römischen Flotte – die Anker befestigt waren. Können wir uns mit etwas Phantasie nicht vorstellen, dass zum Herstellen der Ankerketten die Kettenglieder im Schmiedefeuer auch eine Schweißstelle bekamen?

Die Kelten brauchten sich vor den Römern also nicht zu verstecken, was das Eisenhandwerk anbelangt. Eine ganze Epoche der Eisenzeit wird nach dem ehemals von Kelten besiedelten Ort La Tène am Neuenburger See in der Schweiz benannt. Einen guten Einblick in die Metallverarbeitung der Kelten gibt das frühkeltische Fürstengrab von Hochdorf in der Nähe von Stuttgart, das etwa um 550 v. Chr. angelegt worden war. Es zeigt auch den intensiven Kontakt mit den Kulturen in Italien und Griechenland. Man fand im Grab des Fürsten einen goldenen Halsring, ein eisernes Rasiermesser, Nagelschneider, Taschenmesser, goldene und bronzene Gewandspangen und Armbänder. Ein vierrädriger Wagen war mit einem reich verzierten Eisenblechüberzug versehen gewesen. Für Essen und Trinken auf der Reise in das Jenseits war gut vorgesorgt: mit neun Esstellern und drei Servierplatten; mit einem großen griechischen Bronzekessel, der nach Analysen etwa 400 l Honigmet enthalten hatte; mit neun Trinkhörnern, acht davon aus Horn und eines aus Eisen. Dieses bestand aus 6 röhrenförmigen, offensichtlich im Schmiedefeuer längsnahtgeschweißten röhrenförmigen Segmenten, **Bild 13**.

Noch ein kurzer Blick auf die germanischen Alemannen, die im 3. Jh. in das Dekumateland eingedrungen und bis zum Rhein vorgerückt waren, nachdem die Römer den Limes als Grenzbefestigung aufgegeben hatten. Alle gängigen Metalle sind beispielsweise als Überreste einer Höhensiedlung auf dem Zähringer Burgberg bei Freiburg zu finden: Gold von einem Helm; Silber von Haarnadeln und einem Halsring; Bronze von Gürtel-

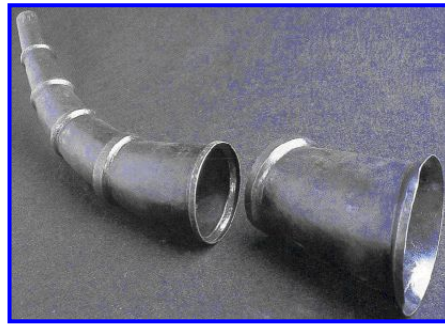


Bild 13. Nach keltischem Vorbild nachgeschmiedetes eisernes Trinkhorn.

beschlägen (römischen Militärgürteln), Pferdegeschirre, Schlüssel, Haarnadeln, Halsringe; Eisen von Lanzen spitzen, eiserne Messer, eine Streitaxt, Meißel, Schmiedehammer, Laubmesser, Pflriem, Schnallen, Beschläge, einen Hakenschlüssel. Viele deutsche Provinzmuseen enthalten solche Schätze.

Blei – wichtig für frisches Wasser

Die Ursprünge der Gewinnung und Verarbeitung von Blei sind so unbekannt wie diejenigen der anderen Metalle. Es gibt eine kleine Bleifigur aus einem Osiristempel (etwa 3000 v. Chr., heute im Britischen Museum) und Hinweise über kleine Mengen Blei in Troja und in Mykene. Die Ägypter erbeuteten um 1475 v. Chr. Blei von Phöniziern und gossen Bleiziegel. Herodot schildert, wie in Kleinasien beim Brückenbau die metallenen Klammern durch Umgießen mit Blei in den Steinquadern befestigt wurden. Die Fugen des steinernen Fundamentes des Leuchtturms von Pharos vor Alexandria (eines der sieben Weltwunder der Antike) waren mit Blei vergossen, damit sie der Brandung trotzen konnten. Blei scheint auch bei den „hängenden Gärten der Semiramis“ in Babylon (einem weiteren der sieben Weltwunder) aus dem 6. bis 4. Jh. v. Chr. zum Abdecken der Terrassen vor dem Aufschütten mit Humus verwendet worden sein.

Die Römer verarbeiteten Blei zu Fassreifen, Geschossen, Senkblei, Gewichten, Lockenhaltern, Schreiftäfelchen, Särgen, Lockenwicklern, auch zum Verkleiden von Schiffswänden unter Wasser mit Bleiblechen. Ganz besondere Bedeutung bei den Römern aber hatte das Blei für die Herstellung von Rohren

für die Wasserversorgung. Dabei wurde das ältere Verfahren des Gießens von Bleirohren (insbesondere für Druckleitungen) in römischer Zeit durch das rationellere, materialsparende und längere Rohrstücke ermöglichende Herstellen aus Bleiblechen ersetzt. Die römischen Bleirohre interessieren im Zusammenhang mit der Schweißtechnik ganz besonders, denn sie wurden längsnahtgeschweißte. Darin sind sich fast alle Technikhistoriker einig: hier wurde ein echter Schweißprozess im Sinne heutiger Definitionen angewendet, auch wenn noch fast 2000 Jahre später „Bleilötbrenner“ zum Fertigungsprogramm schweißtechnischer Hersteller gehörten. Zur Herstellung der Rohre wurden gegossene Blechstreifen zum Schlitzrohr gefaltet und entweder als Überlappstoß oder gefalteter Stoß durch Schmelzen des Bleis oder durch Tropfen von geschmolzenem Blei entlang der Naht verbunden. Wenn allerdings als Schweißzusatz die vom römischen Naturwissenschaftler Plinius (1. Jahrhundert n. Chr.) empfohlene Mischung von zwei Teilen Blei mit einem Teil Zinn verwendet wurde, würden man heute vom Löten sprechen.

Eine ausführliche Darstellung

Dieser kleine Rundgang durch die Geschichte der Metalle ist eine verkürzte Darstellung dessen, was den Leser in dem vom DVS-Verlag im Jahre 2006 herausgegebenen Fachbuch „Die Schweißtechnik im Wandel der Zeiten“ erwartet. Dort wird aber nicht nur die frühe Menschheitsgeschichte betrachtet, sondern es wird sehr ausführlich die Entwicklung der Schweißverfahren ab dem 19. Jahrhundert geschildert. Der Untertitel des Buches „Vom Schmiedefeuer zum Laserstrahl“ zeigt den vollen Umfang seines Inhaltes – auch in seinen Kapiteln über die Anwendung der Verfahren in den einzelnen Industriezweigen. Ein umfangreiches Verzeichnis der verwendeten Literatur und eine Zeittafel erlauben dem Leser weiterführende Studien.

G. Aichele, Freiburg