Vor- und frühgeschichtlicher Guss von Gold und Bronze

Autor(en): **Armbruster, Barbara Regine**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG**

Band (Jahr): **75 (2003)**

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-378369

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Vor- und frühgeschichtlicher Guss von Gold und Bronze

Giesserei-Szene einer Wandmalerei aus dem ägyptischen Grab des Rhekmara, bei Theben, ca. 1450 v. Chr.

Dr. Barbara Regine Armbruster, Toulouse
Dr. phil., Archäologin und Goldschmiedin, Wissenschaftlerin (chargé de recherche) am Centre National de Recherche Scientifique, Frankreich. Verfasserin zahlreicher Publikationen zur Technikgeschichte der Goldschmiedekunst und Bronzeverarbeitung von der Bronze- bis zur Wikingerzeit in Europa.

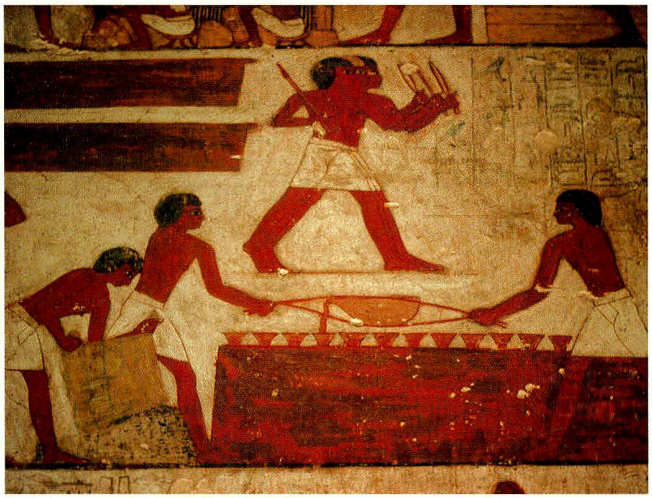
Alle Fotos von B. R. Armbruster.

In der Vor- und Frühgeschichte wurden aus Edel- und Buntmetallen Werkzeuge, Waffen, Schmuck und andere Zierobjekte gegossen. Die technikgeschichtliche Entwicklung des Metallgusses führte vom Guss in steinerne Formen bis zur Herstellung komplexer Gegenstände im Wachsausschmelzverfahren. Die Techniken werden von der frühen Bronzezeit bis zum frühen Mittelalter skizziert.

In der Vor- und Frühgeschichte diente der Guss vor allem der Herstellung von Barren, Werkzeugen, Waffen und Schmuckgegenständen aus Kupferlegierungen sowie von Barren und Schmuck aus Gold oder Silber.[1] Im archäologischen Fundmaterial kommen gegossene Metallobjekte und Fehlprodukte, gusstechnische Gerätschaften wie Gussformen, Gusstiegel sowie Ofen- und Werkstattreste als Informationsträger für die Gusstechnik vor. Die archäologisch überlieferten Hinterlassenschaften der Werkstätten spiegeln jedoch nur einen kleinen Ausschnitt der ehemaligen metalltechnischen Produktion wider. Dagegen treten gegossene Metallfunde sehr häufig im Fundgut auf. In vielen Fällen muss daher indirekt über das Gussstück auf die Technik rückgeschlossen werden. Hinweise bieten dabei die Oberflächenbeschaffenheit, Gussnähte, Reste von Gusskanälen oder Eingusstrichtern, Gussfehler und Werkzeugspuren.

Die Gusstechnik entwickelte sich im vor- und frühgeschichtlichen Europa nicht in einem homogenen Prozess, sondern in verschiedenen Regionen in unterschiedlichen Zeiträumen. Die Anfänge der Giesserei gehen in Europa bis in das 3. vorchristliche Jahrtausend zurück.[2] Aus Mittel-, West- und Nordeuropa sind frühe gusstechnische Zeugnisse teils aus mittelneolithischen, teils aus glockenbecherzeitlichen Fundzusammenhängen bekannt.[3] In den Anfängen der Metallurgie verwendeten die Giesser Gussformen aus Stein. Erst im Verlauf der Bronzezeit wurden neben steinernen Gussformen auch solche aus Ton und Bronze eingesetzt sowie der Kernguss entwickelt.[4] Für komplexe Güsse in Bronze und Gold waren das Wachsausschmelzverfahren sowie der Überfangguss die geeignete technische Voraussetzung.[5] Seit der Urnenfelderzeit lässt sich eine Präferenz für Gussformen aus Bronze oder gemagertem Ton feststellen.[6] Gleichwohl fanden Steinformen weiterhin Verwendung.

Detail, oben: Anfachen des Ofens mit Schalengebläsen; unten: zwei Giesser fassen den Schmelztiegel mit Holzstangen.



Guss einer Bronzetür in eine Gussform mit zahlreichen Eingusstrichtern (Türmodelle oben links im Bild).

Das Wachsausschmelzverfahren, das seit dem 3. Jahrtausend v. Chr. im vorderasiatischen Raum und in Ägypten bekannt war, entwickelte sich an verschiedenen Orten unabhängig voneinander.[7] In Nordeuropa, wo die Metallverarbeitung erst spät etabliert wurde, war das Wachsausschmelzverfahren eine bereits seit Periode I[8] der Nordischen Bronzezeit angewandte Technik. In anderen Regionen, wie zum Beispiel auf der Iberischen Halbinsel, wurde das Wachsausschmelzverfahren erst in der Spätbronzezeit eingesetzt.[9] Der Reichtum der Nordischen Bronzezeit an hervorragenden Bronzeerzeugnissen, die häufig im Wachsausschmelzverfahren hergestellt sind, ist bemerkenswert. Interessanterweise entwickelten die Bronze- und Goldgiesser in Nordeuropa eine Gussqualität, die anderswo während der europäischen Bronzezeit mit einer länger zurückreichenden Metalltradition technisch und auch künstlerisch nicht erreicht wurde.

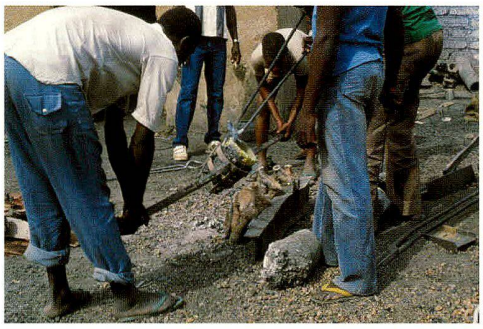
In der Eisenzeit verdrängte der neue Werkstoff Eisen die Bronze vor allem in der Herstellung von Waffen und Werkzeugen. Der Schalenguss und das Wachsausschmelzverfahren wurden dann vorwiegend für die Fertigung von Schmuck und Zierrat aus Edel- und Buntmetallen verwendet. Der Guss von Barren oder anderen Vorprodukten, die durch Schmieden umgeformt wurden, um zum Beispiel Gefässe, Helme oder Blech- und Drahtprodukte herzustellen, wurde durch alle Epochen in Barrengussformen ausgeführt.

Zahlreiche eisenzeitliche Gusswerkstätten wie der keltische Fundplatz der Heuneburg an der Donau zeugen vom Guss in Tongussformen für bronzene Vorprodukte, Münzrohlinge, Ringe und von Gussformresten, die für Nachahmungen oder Reparaturen von Südimporten dienten.[10] Gallo-römische Werkstätten in Frankreich wie die in Autun oder auf dem Mont Beuvrey stellten bronzene Fibeln im Wachsausschmelzverfahren in Serien her. In Tongussformen mit einem verzweigten Eingusssystem wurden mehr als zehn Exemplare in einem Vorgang gegossen.[11]

Aus der Römischen Kaiserzeit sind Hinterlassenschaften des Giessereiwesens selten. Funde der Wurt Feddersen Wierde (Cuxhaven) oder von Tornow (Niederlausitz) belegen die Verarbeitung von Kupferlegierungen.[12] Seit römischer Zeit wird für den Guss von Gefässen und Prestigegütern vielfach Messing verwendet.

▶
Wachsausschmelzverfahren in Mali, Westafrika: Wachsmodell und Gussprodukt.

▲
Zwei Gussformen werden von einem Giesser gefüllt.



▶
Drei Giesser arbeiten zusammen, um mehrere Gussformen mit dem geschmolzenen Messing zu füllen.

Auch aus der Völkerwanderungszeit sind wenige Reste des Giessereihandwerks überliefert. Gussformen sind hauptsächlich für die Herstellung von Fibeln bekannt.[13] Ein ganz bedeutender Fundplatz für die Gusstechnik der Merowingerzeit ist Helgö (Schweden), dessen Giessereiwerkstätten grosse Mengen von Gussformfragmenten hauptsächlich des 6. Jhs. lieferten.[14]

Aus der Wikingerzeit sind ebenfalls vornehmlich Gussformen für die Schmuckherstellung überliefert.[15] Das Giessereiwesen dieser Epoche ist durch zahlreiche Funde von Tiegeln und Gussformen der bedeutenden Handels- und Handwerkszentren des Nordens gut erforscht. Aus Birka (Schweden)[16], Ribe (Dänemark)[17] und Haithabu (Norddeutschland)[18] sind Gussformen aus Stein und Ton vor allem für Schmuck, Zierrat und Barren erhalten. Der Bronzeguss wird seltener für aussergewöhnliche Werkzeuge wie Pressmodel des Frühmittelalters nachgewiesen.

Alle alten Gusstechniken waren schon am Ende der Bronzezeit voll entwickelt, mit Ausnahme vom Guss in Sepiaschalen, der erst im Frühmittelalter nachweisbar ist, und der komplexen Herstellung antiker Grossbronzen.[19]

Untersuchungsmethoden

Zur Erforschung der vor- und frühgeschichtlichen Gusstechnik bieten sich folgende Methoden an: archäologisch-stilistische Betrachtungen, Makro- und Mikroskopie, naturwissenschaftliche Methoden sowie Erklärungsmodelle, die im Analogieschluss über das Experiment oder den ethnoarchäologischen Vergleich zum Erkenntnisgewinn beitragen.

Die archäologische und stilkundliche Untersuchung behandelt die Funktion, Form, Verzierung und die Fundumstände des Objektes. Die metalltechnischen Gerätschaften sind als Werkstattfund, Grabbeigabe, Hort- oder Einzelfund oder in einem Siedlungszusammenhang auf uns gekommen. Der Kontext gibt wertvolle Hinweise etwa auf den Gebrauch von Gussgerätschaften oder als berufsbezeichnendes Indiz im Falle der Beigabe in einem Grab. Die typologischen Merkmale wie Form und Verzierung des gegossenen Gegenstandes oder auch des Objektnegatives in der Gussform geben direkt oder indirekt Hinweise zur Funktion und chronologischen Einordnung des Fundes.

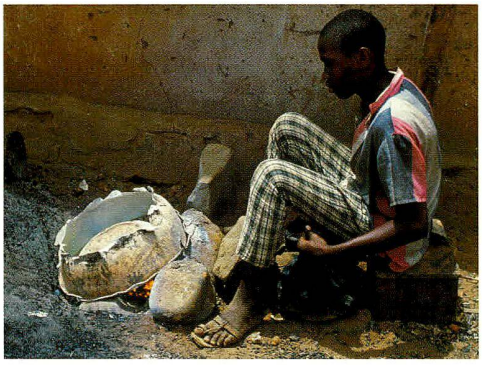
Die Makro- und Mikroskopie dienen der Analyse von Werkzeugspuren und Verfahrensmerkmalen durch optische Vergrösserung. Die optische Untersuchung der Gussprodukte, deren Oberflächentextur, Werkzeug- und Gebrauchsspuren wird bei schräger Beleuchtung mit lediglich einer Lichtquelle durchgeführt, um das Relief optimal herauszustellen.

Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop, die Radiographie, die Metallographie, die physikalisch-chemische Materialanalyse und neuerdings auch die Gusssimulation zählen zu den naturwissenschaftlichen Methoden in der Archäometallurgie.[20] Im Röntgenbild können Hohlräume und Konstruktionselemente zusammengesetzter oder hohler Gussstücke sichtbar gemacht werden. Am metallographischen Schnitt kann aufgrund des Schliffbildes auf die mechanischen und thermischen Belastungen, denen das Gussstück während seiner Herstellung ausgesetzt war, geschlossen werden.

Ikonographische Zeugnisse wie die bildlichen Darstellungen kunsthandwerklicher Szenen in altägyptischen Gräbern oder in der griechischen Vasenmalerei[21] zeigen Giesser bei der Arbeit. Die dabei dargestellten Werkzeuge und Hilfsmittel sowie deren Handhabung geben Anhaltspunkte für die Interpretation archäologischer Funde von gusstechnischen Gerätschaften.

Auch die Philologie trägt zum Verständnis vor- und frühgeschichtlicher Gusstechnik bei. In alten Schriftquellen sind Hinweise auf Rezepte, Werkzeuge, Werkvorgänge und Organisation von Werkstätten zu finden.[22] Mittelalterliche Quellen wie die von Theophilus bzw. Roger von Helmarshausen[23], Vannoccio Biringuccio[24] oder Benvenuto Cellini[25] bieten einen detaillierten Einblick in das handwerkliche Geschehen.

Die Ethnoarchäologie hat für die Erforschung der vor- und frühgeschichtlichen Gusstechnik eine besondere Bedeutung, weil noch heute traditionelle Arbeitsgeräte und Werkvorgänge bei Giessern aussereuropäischer Länder beobachtet werden können.[26] Erklärungsmodelle für alte Produktionsverfahren, so zum Beispiel für die Funktion gewinkelter Tondüsen zum Anfachen flacher Tiegel aus leicht sinterndem Ton beim Schmelzvorgang, gehen auf Beobachtungen in aussereuropäischen Metallwerkstätten zurück.[27]



◀ *Ofen mit doppeltem Schalengebläse. Die Schalen bestehen aus alten Ölkanistern, die Bälge aus Plastikplanen.*

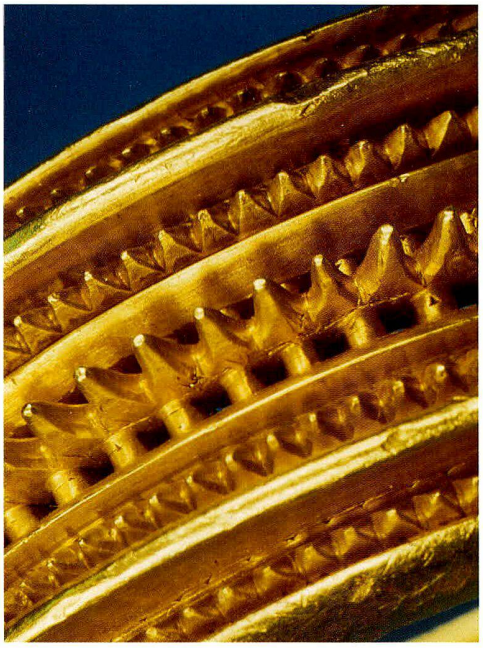
▲ *Goldarmringe aus dem spätbronzezeitlichen Schatz von Villena, Alicante (Spanien) – grosser Armring 359 g, Durchmesser 73 mm. Sie sind im Wachsausschmelzverfahren hergestellt, wobei die zylindrische Form und die umlaufende Verzierung mit Riefen und Rippen des Wachsmodells an einer Drehbank gefertigt wurden.[51]*

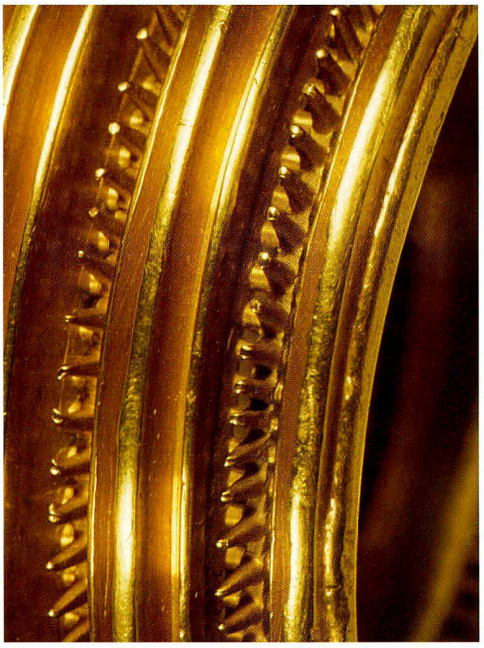
In der experimentellen Archäologie werden durch praktische Versuche Hypothesen überprüft und Erklärungsmodelle entwickelt. Zu den frühen Experimenten zählt die Erforschung der Herstellung von bronzenen Tüllenbeilen, die mit Gipsformen und einem leicht fliessenden Blei durchgeführt wurden.[28] Dabei konnte auch ohne Verwendung der bronzezeitlichen Materialien die Funktion von Gusskernen klargestellt werden. Andere Forscher experimentierten mit den Originalfunden, die dadurch Beschädigungen erlitten. Viele technische Erfahrungen wurden für den Guss von Bronze in steinerne, bronzene und tönerne Gussformen gesammelt.[29] Weitere Erkenntnisse wurden für die Herstellung geschlossener, ineinander gehängter Ringe und Ketten, das Wachsausschmelzverfahren, den Überfangguss und das Giessen von Verzierungen gewonnen.

▶▶
Detail des Armringes von Estremoz.

▶
Detail eines Armringes aus Villena.

▲
Goldarmring aus Estremoz, Evora (Portugal): 978,5 g, Durchmesser 91 mm.





Gussverfahren und Gussformen
Das Giessen beruht auf der Eigenschaft der Metalle, durch Erhitzen in flüssigen und durch Erkalten wieder in den festen Zustand versetzbar zu sein. Um Edel- und Buntmetalle vergiessen zu können, müssen sie zunächst in einem Tiegel geschmolzen werden. Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze) haben je nach dem Zinnanteil unterschiedliche Schmelzpunkte, die zwischen etwa 1060 °C und 798 °C liegen. Neben Zinn sind Blei und Zink Legierungsbestandteile für Kupfer. In der frühen Bronzezeit legierte man Kupfer mit Arsen oder Antimon. Gold mit geringen Beimengungen von Silber und Kupfer schmilzt etwa bei 1000 °C.

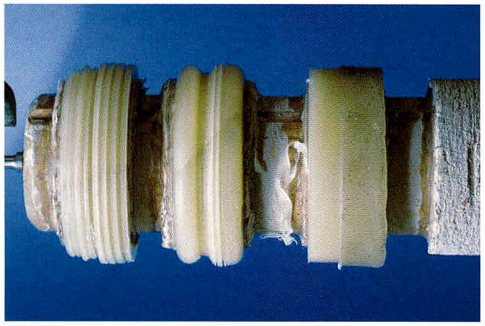
Technische Voraussetzungen für das Schmelzen und Giessen sind ein geeigneter Brennstoff, ein Ofen mit Gebläse, ein Tiegel, eine Tiegelzange und eine Gussform sowie gegebenenfalls ein Flussmittel oder Holzkohlestaub als desoxidierendes Mittel. In einem Grubenofen mit Gebläse lassen sich in einem Holzkohlefeuer 1300 °C erzielen, eine Temperatur, die ausreicht, Gold, Silber und Kupfer beziehungsweise deren Legierungen zu schmelzen. In der Vor- und Frühgeschichte spielte bei allen metallurgischen Prozessen der feste Brennstoff Holzkohle eine herausragende Rolle. Schmelztiegel, Ofenreste sowie Blasebalg- und Blasrohrdüsen sind aus gemagertem Ton überliefert. Bei Tiegeln aus Tonen, die schon bei der Schmelztemperatur der zu giessenden Legierung sintern, musste zum Schmelzen die Luftzufuhr von oben mit gekrümmten Düsen gesteuert werden.[30] In diesem Fall wurde der Tiegel nicht nur mit Metall, sondern auch mit Holzkohle, die direkt von oben angefacht wird, bestückt.

Zum Fassen, Transportieren und Kippen des glühenden Tiegels dient eine Tiegelzange. Aus der Bronzezeit sind Zangen bisher unbekannt. Bronzezangen sind, im Gegensatz zu Eisenzangen, wegen ihrer Wärmeleitfähigkeit ungeeignet. Isolierende Holzzangen sind, wie aus ethnographischen Beschreibungen und Experimenten belegt, zum Fassen und Kippen von glühenden Gussformen oder Tiegeln gut geeignet.[31] Handwerkerszenen aus ägyptischen Gräbern des Alten Reiches zeigen das Fassen des Tiegels mit zwei Steinen, die an die Tiegelwand gedrückt werden. Eine Darstellung der Bronzegiesserwerkstatt im Neuen Reich bildet zwei Giesser ab, die gemeinsam zwei über Kreuz gehaltene Holzstäbe zum Tragen des Tiegels benutzen.[32]

Grundsätzlich unterscheidet man für das Giessen in der Vor- und Frühgeschichte folgende Hauptverfahren: den Barrenguss in offene Gussformen, so genannte Herdformen, den Guss in zweischalige Gussformen, den Guss von Tüllengeräten in zweischalige Gussformen mit Kern und das Wachsausschmelzverfahren. Die ersten drei Verfahren sind für den Serienguss bestimmt, wohingegen das letztgenannte lediglich einen einmaligen Guss erlaubt. Die Serie ist beim Wachsausschmelzverfahren nur über das

▶
Goldene Armringe der Nordischen Bronzezeit aus Dänemark.

▼
Experimente zur Herstellung von Armringen des Typs Villena-Estremoz: Wachsmodelle werden an einer Drehbank gefertigt.

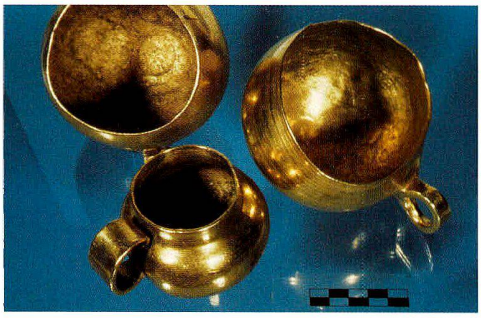


Wachsmodell möglich. Man differenziert zwischen permanenten, ein- oder mehrteiligen Gussformen für den Schalenguss, der für eine Serienproduktion geeignet ist, und nicht permanenten Ton-Gussformen für das Wachsausschmelzverfahren oder den Überfangguss, die ausschliesslich für den einmaligen Gebrauch bestimmt sind.

Als hitzebeständige Formmaterialien für Gussformen kommen Stein, Bronze und gemagerter Ton in Frage. Abdrücke der charakteristischen geschichteten Struktur von ossa-sepia, dem Rückenschulp einer Tintenfischart, auf frühmittelalterlichen Gürtelschnallen belegen auch den Gebrauch von organischen Materialien für Gussformen.[33] Bronzene Gussformen sind wegen ihrer Wiederverwendbarkeit selten im Fundmaterial überliefert. Steinerne Gussformen sind dagegen häufiger bekannt geworden. Die leicht zerbrechlichen Tongussformen sind nur dann gut erhalten, wenn sie hohen Brenntemperaturen ausgesetzt waren.

Schalenguss

Abgesehen vom Barrenguss gilt für die Gusstechnik der Vor- und Frühgeschichte, dass stets mindestens zwei Formschalen verwendet wurden. Man unterscheidet zwischen Gussformen bestehend aus einem Teil, der das Negativ in sich trägt, und einem flachem Deckel sowie zweischaligen Formen. In beiden Fällen handelt es sich um zweischalige Gussformen, die auch als Schalenformen,



◀
Goldene Henkelgefässe aus dem Schatzfund von Caldas de Reyes, Pontevedra (Spanien). Die etwa 500 g schweren Tassen sind im Wachsausschmelzverfahren über einen Tonkern gegossen.[52]

Klappformen oder Kokillen bezeichnet werden. Die Form des Gussstücks, die als Formhohlraum negativ eingearbeitet wird, erhält eine Teilungsebene, die später als Gussnaht sichtbar ist. Zweischalige Gussformen weisen eine Eingusspartie mit Eingusstrichter auf. Dieser Trichter dient dazu, beim Füllen der Form mit der höchstmöglichen Metallmenge Druck zu erzeugen, und er bildet ein Reservoir, aus dem das erkaltende und dabei schrumpfende Metall Material nachsaugen kann.

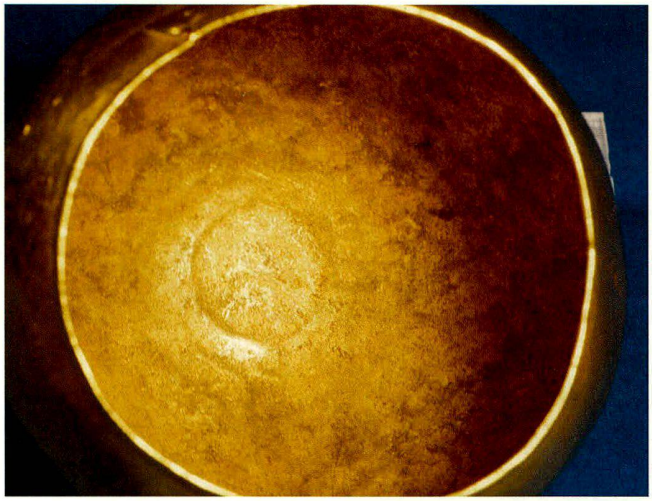
Die Gussformschalen sind mit Justierungshilfen versehen, um die Teile aneinander anzupassen. Dazu dienen Dübellöcher oder Passkerben, Zapfen und Zapfenlöcher oder Nut und Feder. Für den Gussvorgang werden die Formschalen nicht nur justiert, sondern auch mit einer Klemme, einer Tonummantelung oder Draht zusammengehalten.

Steingussformen bestehen meist aus Sandstein, Schiefer oder Speckstein und sind seit der frühen Bronzezeit bekannt. Sie werden durch Meisseln, Schaben

oder Schnitzen bearbeitet. Als multiple Steingussformen bezeichnet man Exemplare, die an mehreren Seiten des Steinblocks Formnegative aufweisen. Sie sind auf eine erschwerte Rohmaterialbeschaffung zurückzuführen. Aussergewöhnlich sind Steingussformen zur Herstellung mehrerer Objekte in einem Gussvorgang wie die Gussform für mehrere Ringe aus Alpenquai (Kanton Zürich).[34] Ein Gussbaum versorgt mit einem System von Gusskanälen die einzelnen Ringnegative. In zweiteilige Steingussformen wurden beispielsweise Beile, Schwerter, Dolche, Pfeilspitzen, Anhänger, Nadeln, Armringe oder Ringe gegossen.

Für den Guss von Tüllengeräten wurden Steinformen mit einer Aussparung für die Tülle verwendet. Diese Art von Gussform ist entweder mit einem Kernschloss versehen, oder es wurde für jeden Guss ein Gusskern mit Kernkopf angesetzt, um den Kern aus Ton oder Bronze in seiner Position zu fixieren.[35] Vorwiegend wurden Tüllenbeile, seltener auch Tüllensicheln, -hämmer, Lanzenspitzen oder Lanzenschuhe mit Hilfe von steinernen Gussformen mit Kern gegossen.

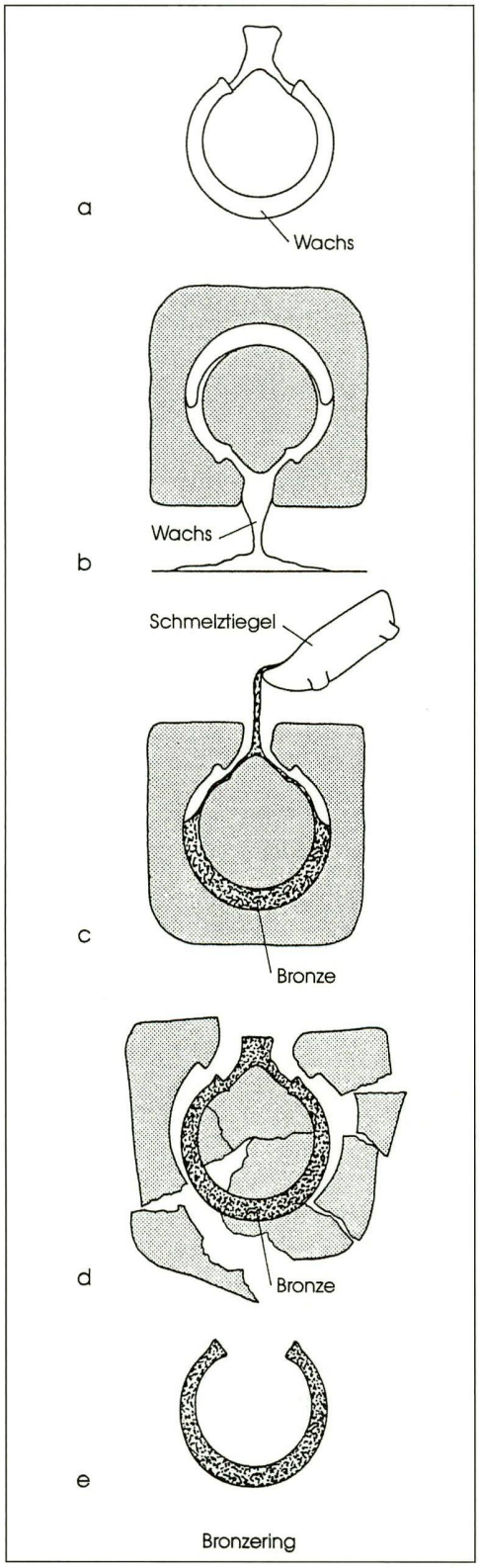
Seit der späten Bronzezeit verwendeten die Giesser auch bronzene Gussformen für die Herstellung von Absatz-, Lappen- und Tüllenbeilen sowie von Sicheln. Aus dem westlichen Europa sind zahlreiche Funde solcher Bronzekokillen bekannt geworden, so von den Britischen Inseln, aus Frankreich, aus Norddeutschland und von der Iberischen Halbinsel.[36] Ein bemerkenswertes verziertes Exemplar mit Bronzekern zum Guss von Tüllenbeilen stammt aus Los Oscos in Nordspanien. Es wurde lange vermutet, dass bronzene Kokillen nur für den Guss von Wachs- oder Bleimodellen geeignet seien. Fundstücke von Bronzekokillen mit dem zugehörigen Gussstück aus Frankreich und Portugal[37] bezeugen ihre Verwendung im Bronzeguss. Experimente zeigen, dass sogar die gleiche Legierung für die Gussform und das Gussstück verwendet werden kann. Die Schlichtung der Gussforminnenseite mit Russ ist dabei von Bedeutung.[38] Die bronzenen Gussformen sind im Wachsausschmelzverfahren hergestellt.



Detail eines Gefässes aus Caldas de Reyes: Die raue Gusshaut ist an der Innenseite deutlich zu erkennen.

Das bronzene Hängebecken aus Winzlar (Kreis Nienburg, Niedersachsen): max. Durchmesser 316 mm, Höhe 187 mm. Ein Beispiel der herausragenden Gusserzeugnisse der Nordischen Bronzezeit. Das Hängebecken ist im Wachsausschmelzverfahren gegossen.

Tonformen und Tonkerne müssen für den Guss Formstabilität, Hitzebeständigkeit und Porosität für das Entweichen von Luft und Gasen aufweisen.[39] Das Tonmaterial, die so genannte technische Keramik, ist dafür mit Schamotte, Sand, Holzkohlepartikeln oder Pferdedung gemagert. Die Magerung wirkt einer Schrumpfung beim Trocknen entgegen, stabilisiert die Form und garantiert eine gute Wärmedämmung. Für die meisten Tongussformen ist ein zweischichtiger Aufbau mit einer inneren und einer äusseren Schicht mit verschiedenen Magerungsbestandteilen nachgewiesen. Tongussformen werden mit Hilfe eines festen Modells aus Holz, Ton, Bronze oder auch Wachs abgeformt, während das Modell für das Wachsausschmelzverfahren aus einem



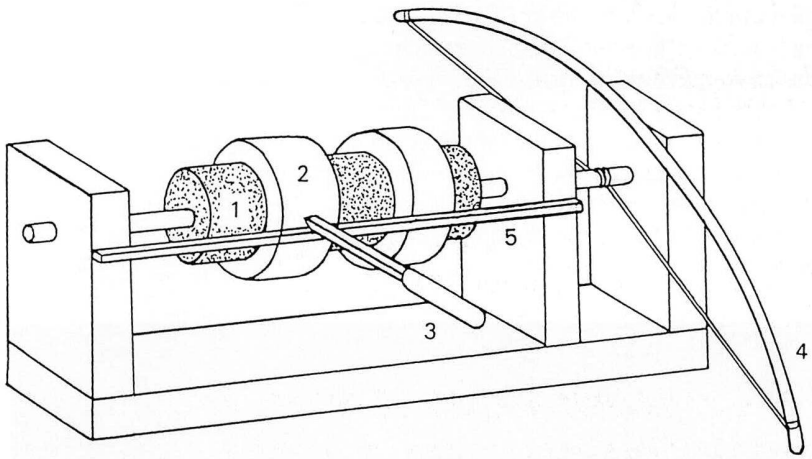
leicht ausschmelzbaren Material besteht. Der Bronzeguss nach festem Modell diente der Herstellung von Waffen (Schwertern, Lanzenspitzen), Geräten (Beilen, Sicheln) und auch Schmuck.

Wachsausschmelzverfahren
Beim Wachsausschmelzverfahren wird ein Wachsmodell mit gemagertem Ton ummantelt, das Wachs nach dem Trocknen ausgeschmolzen und schliesslich die Form zerstört, um das Metallobjekt aus der Tonform herauszulösen.[40] Daher bezeichnet man dieses Verfahren auch als Guss in die verlorene Form. Im Wachsausschmelzverfahren gegossene Objekte sind in der Regel an einer komplexen Form mit Unterschneidungen und Verzierungen zu erkennen. Das Wachsmodell lässt sich leicht herstellen, indem es plastisch durch Modellieren oder Eindrücken von Reliefverzierungen, subtraktiv durch Schneiden, additiv durch Anfügen von Elementen durch Erwärmen der Nahtstelle bearbeitet wird. Es kann massiv, dünnwandig oder hohl über einen Tonkern gearbeitet sein. Das Wachsmodell ist mit Gusskanälen und Gusskegel zu versehen. Es wird mit mehreren Schichten aus gemagertem Ton ummantelt. Jede Schicht muss vollständig trocknen. Nach dem Trocknen wird das Wachs ausgeschmolzen und zur Wiederverwendung aufgefangen. Danach wird die Tonform stark erhitzt, damit das restliche, noch im porösen Tonmantel haftende Wachs verbrennt und jegliche Feuchtigkeit entweicht. Der entstandene Hohlraum wird mit geschmolzenem Metall gefüllt. Nach dem Erkalten wird die Form zerstört. Das Gussstück muss von Kegel oder Kanälen befreit sowie durch Schleifen und Polieren nachbearbeitet werden.

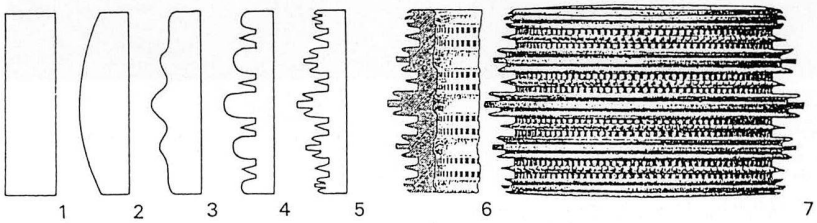
Detail der gegossenen Verzierung des Hängebeckens aus Winzlar.

◀
Wachsausschmelzverfahren.[53]

Bei der Anwendung des Wachsausschmelzverfahrens für Hohlkörper wird das Wachsmodell über einen Tonkern



Rekonstruktion einer einfachen Drehbank mit Bogenantrieb und der Herstellung eines Wachszylinders.
1 Tonzylinder (Gusskern) auf Holzspindel befestigt;
2 Wachszylinder auf dem zylindrischen Tonkern;
3 schneidenes Werkzeug;
4 Bogen zum Antrieb der rotierenden Achse;
5 Auflage für das Schneidwerkzeug.
(Zeichnung von B. R. Armbruster)



Arbeit an der Drehbank, Veränderung eines Wachszylinders zu einem Wachsmodell mit Rippen des Typs Villena/Estremoz und Gussstück mit Querschnitt. Das Armringprofil wird aus dem Wachszylinder herausgeschnitten (dargestellt anhand von Profilquerschnitten).
1 gerade abgedrehter Wachszylinder;
2 gerundete Oberfläche;
3 gewellte Oberfläche;
4 Wülste und Rippen;
5 gerippte Wülste und Rippen;
6 Querschnitt des Gussstückes mit teilweise geschrumpfter, eingezogener Innenseite;
7 Gussstück (Armring von Estremoz).
(Zeichnung von B. R. Armbruster)

geformt. Für Gefässe oder zylindrische Armringe eignen sich Kerne, die nicht massiv, sondern über ein Stück Holz geformt sind. Der Tonkern muss entweder eine feste Verbindung zur Gussform haben, oder es müssen Kernstützen angebracht werden. Geschlossene Hohlkörper erfordern eine Fixierung des Tonkernes mit Kernstiften aus Metall, die den Kern mit dem äusseren Tonmantel verbindet. Damit wird beim Ausschmelzen des Wachses die Fixierung des Kernes im richtigen Abstand zum Tonmantel gewährleistet.[41] Die bedeutendste hohle Bronzefigur der europäischen Bronzezeit, die im Wachsausschmelzverfahren über einen Tonkern gegossen wurde, ist die Pferdefigur des Sonnenwagens von Trundholm in Dänemark.[42] Aus Nordeuropa, wo während der Bronzezeit keine Metalllagerstätten ausgebeutet wurden und jegliches Metall importiert werden musste, sind Bronzefunde einer aussergewöhnlichen Gussqualität überliefert.[43]

Eine besondere Variante des Wachsausschmelzverfahrens besteht in der Verwendung einer Drehbank zur Herstellung des Wachsmodells. Während der Bronzezeit wurden Goldarmringe auf der Iberischen Halbinsel[44] und Bronzenadeln in Frankreich auf diese Weise gefertigt. Die Verwendung einer Drehachse bei der Formgebung des Wachsmodells findet sich seit dem frühen Mittelalter beim Guss von Glocken, Grapen und später von Kanonen.[45]

Überfangguss

Der Überfangguss, ein Gussverfahren für mechanische Verbindungen, wird auch als Anguss, Nachguss, Gussverband oder Vergiessen bezeichnet. Bei diesem additiven Gussverfahren wird ein zusätzliches Teil an einen schon bestehenden Gegenstand angegossen, oder es werden zwei eigenständig gearbeitete Teile durch einen Gussverband zusammengefügt.[46] In der Vor- und Frühgeschichte bedienten sich die Giesser zweier Arten des Überfanggusses: Entweder wurde er als eine Abwandlung des Wachsausschmelzverfahrens oder als Schalenguss ausgeführt. Unterschneidungen, Kerben oder Perforationen im zu überfangenden Objekt erleichtern eine mechanische Verzahnung mit dem angegossenen Metall.[47] In der bronzezeitlichen Metallverarbeitung war der Überfangguss neben dem Nieten, Nageln und Falzen die einzige Möglichkeit, Metallteile zu verbinden. Seit der Eisenzeit wurde diese Methode weiter verwendet, auch wenn das Löten in vielen Fällen seine Funktion übernahm.

Man unterscheidet zwischen dem konstruktiven Überfangguss und Reparaturen. Bei ersterem erfolgt das Anfügen durch Guss zur Herstellung von Objekten, die auf andere Weise in ihrer Grösse oder Gestalt nicht ausführbar waren, beispielsweise bronzezeitliche Luren[48] oder antike Grossbronzen. Ausserdem bewährte sich der Überfangguss zum Verbund mehrerer Werkstücke, etwa von

geschmiedeten mit gegossenen Teilen wie bei Fleischspiessen oder -haken.[49] Reparaturen wurden unmittelbar nach der Herstellung in der Giessereiwerkstatt vorgenommen, wenn sie weniger Arbeitsaufwand als eine nochmalige Anfertigung erforderten. Als Gebrauchsreparaturen bezeichnet man dagegen Überfanggüsse an gebrochenen oder beschädigten Objekten.

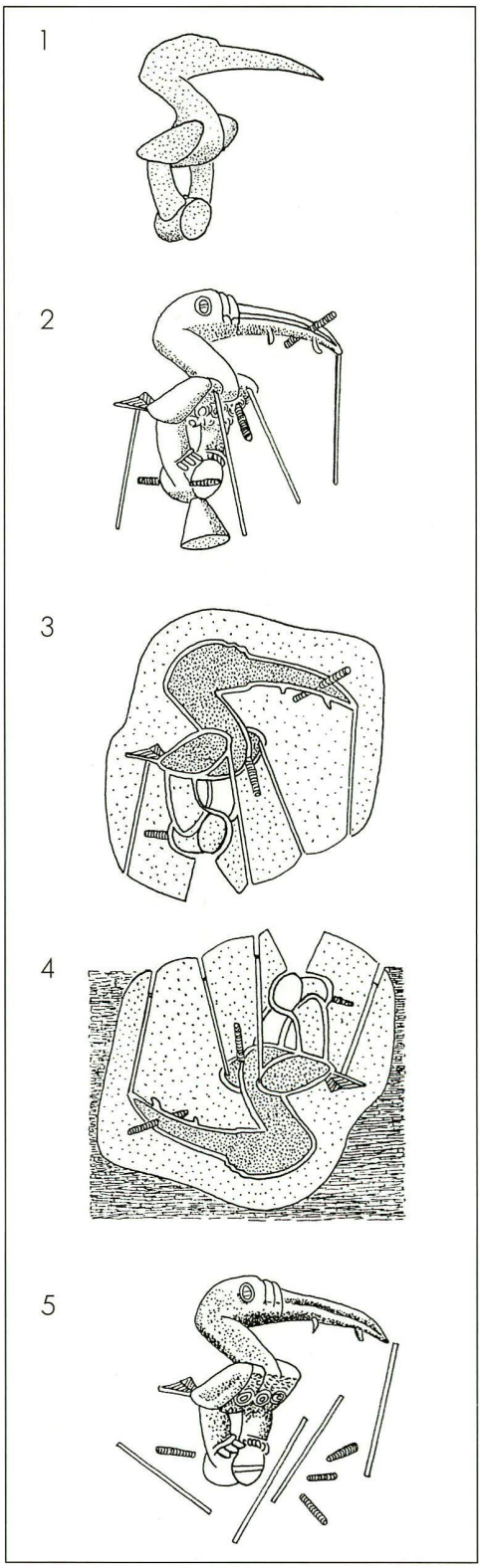
Eine Verfahrensweise besteht darin, das zu ergänzende Teil als Wachsmodell an den Gegenstand anzusetzen. Das Modell und das Metallobjekt werden anschliessend mit Formlehm ummantelt, und der Überfangguss wird im Wachsausschmelzverfahren ausgeführt. Bei der anderen Variante werden feste Schalenformen für den Überfangguss eingesetzt, in die das zu umfangende Werkstück teilweise hineinragt. Dabei geht man wie beim Zweischalenguss vor, indem Schalenhälften aus Stein, Ton oder Bronze mit Formnegativen versehen werden. Diese Variante des Überfanggusses wurde zum Beispiel zur Befestigung von Griffen an Klingen von Vollgriffschwertern genutzt oder zur Befestigung von Nadelköpfen an Nadelschäfte. Schliesslich sei noch auf ein weiteres Anwendungsgebiet des Überfanggusses hingewiesen, bei dem bewegliche Verbindungen, so zum Beispiel für Ketten, eingearbeitete Ringe oder Gelenke, geschaffen werden.[50]

Verzierungen

Gegossene Verzierungen können über die Gussform oder das Modell vorgesehen werden. Gussformen aus festen Materialien wie Stein oder Bronze werden dafür mit einem negativ eingearbeiteten Muster versehen. In Tongussformen kann ein festes schon verziertes Modell aus Holz oder ähnlichem abgedrückt werden. Über das leicht modellierbare Wachsmodell für das Wachsausschmelzverfahren werden die besten Ergebnisse erzielt. Ganz fein geschlämmter Ton des keramischen Mantels formt in diesem Fall die Verzierung originalgetreu ab.

Nachbearbeitung der Gussstücke

Die Gussstücke, die nach dem Herauslösen aus der Form meist eine Gusshaut, Kanäle, Gusskegel oder -nähte aufwiesen, mussten nachbearbeitet werden. Gusskegel, Gusskanäle und -überstände wurden mit dem Meissel abgetrennt. Gussstücke aus Kupferlegierungen, seltener auch solche aus Gold, weisen oft eine raue Gusshaut auf. Schleifsteine oder Schleif- und Poliermittel, die auf Hölzer oder Fasern aufgetragen sind, dienten dazu, die unerwünschten Gussreste abzutragen. Auch Punzen, Meissel und Hammer konnten dazu verwendet werden, die Oberfläche zu glätten.



Guss einer hohlen Figur im Wachsausschmelzverfahren.[54]
1 Tonkern;
2 Wachsschicht und Windpfeifen, Kernstützen aus Metall;
3 Ummantelung mit einer Tonschicht, Wachsausschmelzen;
4 Giessen des geschmolzenen Metalls in den Hohlraum;
5 Gussstück, Abtrennen von überschüssigem Material und der Kernstützen.

[1] Oldeberg 1942/43; Tylecote 1986; Armbruster 2001.

[2] Wübbenhorst und Engels 1989.

[3] Fastnacht 1991; Tylecote 1986.

[4] Mohen 1990; Wyss 1967.

[5] Drescher 1958; Armbruster 1995; Armbruster 2000.

[6] Berger 1986.

[7] Büll 1977.

[8] Nach Oscar Montelius.

[9] Armbruster 2000.

[10] Drescher 1995.

[11] Guillaumet 1984, Taf. 55.

[12] Schuster 1998.

[13] Roth 1986; Capelle und Vierck 1971.

[14] Holmquist 1983.

[15] Lønborg 1998.

[16] Ambrosiani und Erikson 1997.

[17] Jensen 1991.

[18] Drescher 1983.

[19] Vgl. den Beitrag von E. Formigli in diesem Band.

[20] Born 1985.

[21] Scheel 1989; Zimmer 1982.

[22] Zimmer 1985.

[23] Brepohl 1987.

[24] Johannsen 1925.

[25] Fröhlich und Fröhlich 1974.

[26] Armbruster 1993.

[27] Gowland 1899, S. 290–292.

[28] Neergaard 1908, S. 340–345.

[29] Fastnacht 1994; Jantzen 1991.

[30] Schneider 1989.

[31] Armbruster 2000, Abb. 14, 15.

[32] Garenne-Marot 1985; Scheel 1989.

[33] Blumer und Knaut 1991.

[34] Wyss 1967, Abb. 2, 3. Siehe auch Abb. 12 im Beitrag von G. Engels in diesem Heft.

[35] Drescher 1987, S. 29–31.

[36] Armbruster 2000, S. 41–43.

[37] Armbruster 2000, Taf. 20.

[38] Drescher 1957, S. 56.

[39] Freestone und Tite 1986.

[40] Formigli 1985, S. 35–53; Armbruster 1993.

[41] Büll 1977, S. 125 Abb. f.

[42] Drescher 1962. Siehe auch Abb. 1 im Beitrag von G. Engels in diesem Heft.

[43] Oldeberg 1942/43.

[44] Armbruster 1995.

[45] Brepohl 1987.

[46] Drescher 1958.

[47] Formigli 1985, S. 45 Abb. 11.

[48] Oldeberg 1942/43.

[49] Armbruster 2000, S. 179–181.

[50] Vorlauf 1990.

[51] Armbruster 1995.

[52] Armbruster 1996.

[53] Nach Wübbenhorst und Engels 1989.

[54] Nach Easby 1974, S. 252 f.

Literaturhinweise

Ambrosiani und Erikson 1997: V. B. Ambrosiani und B. G. Erikson: De två sistå grävningsaren. In: B. Ambrosiani und B. G. Erikson, Birka, Viningastaden 5 (1997), S. 7–43.

Armbruster 1993: B. R. Armbruster: A study on lost wax casting processes in Mali and Burkina Faso (Western Africa). Workshops and casting techniques as ethno-archaeological demonstration material. In: E. Formigli (Hrsg.): Antiche officine del bronzo. Materiali, strumenti, tecnice. Atti del seminario di studi ed esperimenti, Murlo, 26.-31.7.1991 (Siena 1993), S. 153–164.

Armbruster 1995: B. R. Armbruster: Rotary motion – lathe and drill. Some new technological aspects concerning Late Bronze Age goldwork from southwestern Europe. In: Morteani und Northover (1995), S. 399–423.

Armbruster 2000: B. R. Armbruster: Goldschmiedekunst und Bronzetechnik. Studien zum Metallhandwerk der Atlantischen Bronzezeit auf der Iberischen Halbinsel. Monographies instrumentum 15 (Montagnac 2000).

Armbruster 2001: B. R. Armbruster: Metallguß. HOOPS Reallexikon der Germanischen Altertumskunde, Vol. 19, Berlin, New York 2001, S. 622–642.

Berger 1986: A. Berger: Aspekte urnenfelderzeitlicher Gußtechnologie, dargestellt an Formbruchstücken von Hüttenheim in Unterfranken. In: Aus Frankens Frühzeit. [Festschrift P. Endrich] Mainfränkische Studien 37 (Würzburg 1986), S. 25–30.

Blumer und Knaut 1991: R. D. Blumer und M. Knaut: Zum Edelmetallguß in Ossa-Sepia-Formen im Frühmittelalter. Fundber. Baden-Württemberg 16 (1991), S. 545–-553.

Born 1985: H. Born (Hrsg.): Archäologische Bronzen, antike Kunst, moderne Technik, Berlin 1985.

Brepohl 1987: E. Brepohl: Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst, Wien, Köln, Graz 1987.

Büll 1977: R. Büll: Das große Buch vom Wachs. Geschichte, Kultur, Technik. I und II, München 1977.

Capelle und Vierck 1971: T. Capelle und H. Vierck: Modeln der Merowinger- und Wikingerzeit. In: Frühmittelalterliche Studien 5 (1971), S. 42–100.

Drescher 1957: H. Drescher: Der Bronzeguß in Formen aus Bronze. Versuche mit originalgetreuen Nachbildungen bronzezeitlicher Gußformen aus Niedersachsen. In: Kunde N. F. 8 (1-2, 1957), S. 52–75.

Drescher 1958: H. Drescher: Der Überfangguß. Ein Beitrag zur Geschichte der Metalltechnik, Mainz 1958.

Drescher 1962: H. Drescher: Neue Untersuchungen am Sonnenwagen von Trundholm und über die Gußtechnik bronzezeitlicher Tierfiguren. In: Acta Arch. 33 (1962), S. 39–62.

Drescher 1983: H. Drescher: Metallhandwerk des 8. bis 11. Jahrhunderts in Haithabu auf Grund der Werkstattabfälle. In: Das Handwerk in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Teil II. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Phil. Hist. Kl. 3. 123 (Göttingen 1983), S. 174–191.

Drescher 1995: H. Drescher: Die Verarbeitung von Buntmetall auf der Heuneburg. In: E. Gersbach, Baubefunde der Perioden IVc-IVa der Heuneburg. Heuneburgstudien IX. Römisch-Germanische Forschungen 53 (Mainz 1995), S. 255–364.

Easby 1974: D. T. jr. Easby: Early metallurgy in the New World. In: E. B. W. Zubrow, M.-C. Fritz, J.-M. Fritz: New World Archaeology – theoretical and cultural transformation. Readings from Scientific American (San Francisco 1974), S. 249–256.

Fastnacht 1991: W. Fastnacht: Erste Hinweise auf eine eigenständige Kupfermetallurgie in der Horgener Kultur. In: Minaria Helvetica 11b (1991), S. 45–53.

Fastnacht 1994: W. Fastnacht: 4000 Jahre Kupfer- und Bronzeguß im Experiment. In: M. Fansa (Hrsg.): Experimentelle Archäologie in Deutschland. In: Arch. Mitt. Nordwestdeutschland, Beih. 8 (Oldenburg 1994), S. 237–246.

Formigli 1985: E. Formigli: La tecnica. In: M. Cristofani, I bronzo degli etruschi (Novara 1985), S. 35–53.

Fröhlich und Fröhlich 1974: M. Fröhlich und R. Fröhlich: Benvenuto Cellini. Abhandlungen über die Goldschmiedekunst und die Bildhauerei, Basel 1974.

Garenne-Marot 1985: L. Garenne-Marot: Le travail du cuivre dans l'Egypt pharaonique d'après les peintures et les bas-relief. In: Paléo-orient 11 (1, 1985), S. 85–100.

Gowland 1899: W. Gowland: The early metallurgy of copper, tin and iron in Europe, as illustrated by ancient remains, and the primitive process surviving in Japan. In: Archaeologia 56,2 (London 1899), S. 267–322.

Guillaumet 1984: J.-P. Guillaumet: Les fibules de Bibracte, technique et typologie. Centre de recherche sur les techniques gréco-romaines de l'Université de Bourgogne, Dijon 1984.

Holmquist 1983: W. Holmquist: Eisenschmiede und Bronzeguß auf Helgö. In: H. Jankuhn, W. Janssen, R. Schmidt-Wiegand und H. Tiefenbach (Hrsg.): Das Handwerk in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Teil 2. Archäologische und philosophische Beiträge. Berichte über die Kolloquien der Kommission für die Altertumskunde Mittel- und Nordeuropas in den Jahren 1977-1980. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Phil.-hist. Kl. Folge 3 Nr. 123 (Göttingen 1983), S. 93–119.

Jantzen 1991: D. Jantzen: Versuche zum Metallguß der nordischen Bronzezeit. In: Experimentelle Archäologie in Deutschland. Arch. Mitt. Nordwestdeutschland, Beih. 6 (Oldenburg 1991), S. 305–316.

Jensen 1991: S. Jensen: Ribes Vikinger, Ribe 1991.

Johannsen 1925: O. Johannsen: Biringuccios Pirotechnica, Braunschweig 1925.

Lønborg 1998: B. Lønborg: Vikingetidens metalbearbejdning. In: Fynske Studier 17 (Odense 1998).

Mohen 1990: J. P. Mohen: Métallurgie préhistorique. Introduction à la paléométallurgie, Paris 1990.

Neergaard 1908: C. Neergaard: Haag-Fundet. En Affaldsdynge fra Metalstøbers Hytte, fra den yngre Bronzealder, Aarbøger 1908, S. 273–353.

Oldeberg 1942/43: A. Oldeberg: Metallteknik under förhistorisk tid, Lund 1942/43.

Roth 1986: H. Roth: Kunst und Handwerk im frühen Mittelalter. Zeugnisse von Childerich I. bis zu Karl d. Großen, Stuttgart 1986.

Scheel 1989: B. Scheel: Egyptian metalworking and tools, Aylesbury 1989.

Schneider 1989: G. Schneider: Investigation of crucibles and moulds from bronze foundries in Olympia and Athens and determination of provenances of bronze statues. In: Archaeometry. Proc. of the 25th Intern. Symposium, ed. by Y. Maniatis. Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo (1989), S. 305–310.

Schuster 1998: J. Schuster: Zur Buntmetallverarbeitung auf der Dorfwurt Feddersen Wierde, Lkr. Cuxhaven (Niedersachsen). In: H.-U. Voss, P. Hammer und J. Lutz: Römische und germanische Bunt- und Edelmetallfunde im Vergleich. Archäometallurgische Untersuchungen ausgehend von elbgermanischen Körpergräbern. Ber. der Römisch-Germanischen Kommission 79 (1998), S. 230–233.

Tylecote 1986: R. F. Tylecote: The prehistory of metallurgy on the British Isles, London 1986.

Vorlauf 1990: D. Vorlauf: Technische Bemerkungen zur Herstellung der bronzenen Ringgehänge aus dem Hortfund von Allendorf. In: Experimentelle Archäologie in Deutschland. Arch. Mitt. Nordwestdeutschland, Beih. 4 (Oldenburg 1990), S. 364–370.

Wübbenhorst und Engels 1989: H. Wübbenhorst und G. Engels: 5000 Jahre Gießen von Metallen. Fakten, Daten, Bilder zur Entwicklung der Gießereitechnik, Düsseldorf 1989[2].

Wyss 1967: R. Wyss: Bronzezeitliche Gußtechnik. Aus dem Schweizerischen Landesmuseum 19 (Bern 1967).

Zimmer 1982: G. Zimmer: Antike Werkstattbilder. Bilderhefte der Staatlichen Museen Preussischer Kulturbesitz Berlin 42 (Berlin 1982).

Zimmer 1985: G. Zimmer: Schriftquellen zum antiken Bronzeguß. In: Born 1985, S. 38–49.