

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG
Herausgeber: Eisenbibliothek
Band: 75 (2003)

Artikel: Der Guss von Grossbronzen in der griechisch-römischen Antike
Autor: Formigli, Edilberto
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-378370>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.04.2026

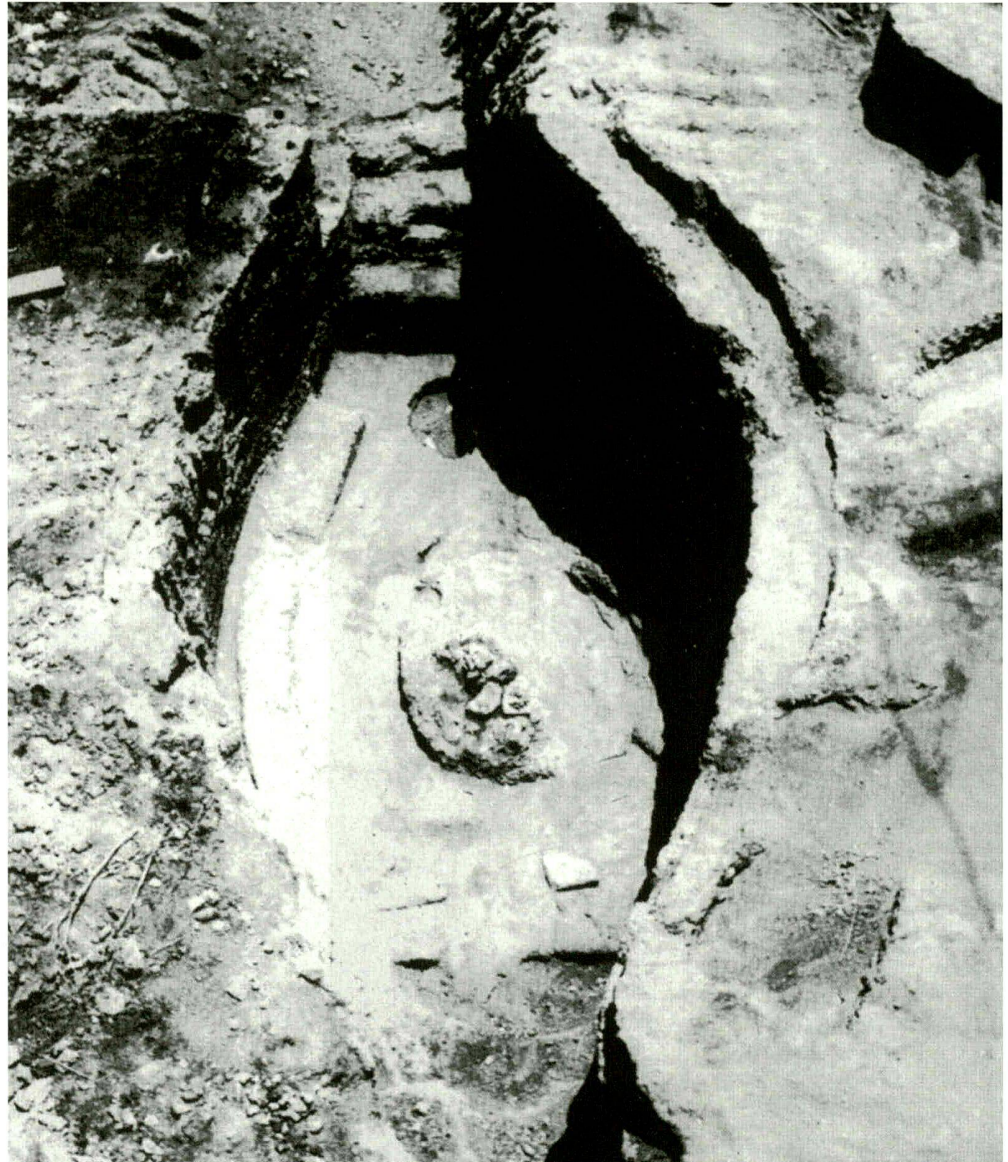
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Der Guss von Grossbronzen in der griechisch-römischen Antike

Prof. Edilberto Formigli, Murlo (Siena)

Vertragsprofessor für archäologische Restaurierung und Geschichte der Technologie der Metalle bei den Universitäten Rom, Siena und Neapel. Forschungsbeiträge zur antiken Technik der Grossbronzen und der Goldschmiedekunst.



Giesserei in Rhodos.

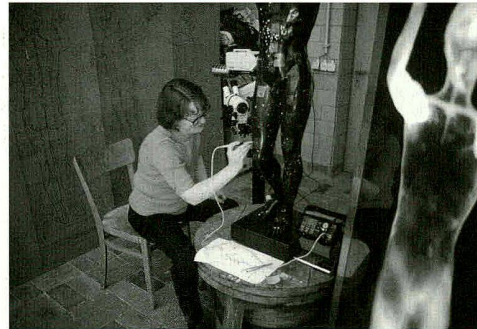
Bei der geschichtlichen Rekonstruktion der Gusstechniken von antiken Grossbronzen können wir von verschiedenen Informationsquellen Gebrauch machen. Griechische und lateinische Quellen, die technische Vorgänge beschreiben, sind oft schwer zu interpretieren und von geringer Hilfe. Hilfreicher sind figürliche Darstellungen besonders auf griechischen und etruskischen Keramiken klassischer Zeit.¹

Die Informationen, die wir aus den Ausgrabungen von antiken Bronzewerkstätten haben², sind sehr nützlich, insbesondere, wenn sie mit archäometrischen Untersuchungen der Bronzen selbst kombiniert werden. Von grossem Interesse und mit vielversprechenden Ergebnissen sind experimentelle Rekonstruktionen, die gleichzeitig alle bisherigen Erkenntnisse berücksichtigen.

Bei der heutigen Auseinandersetzung mit der Gusstechnik der Antike muss man vor allem die Hypothesen von Kurt Kluge³ kritisch betrachten. Er stellte sich eine dreiphasige Entwicklung vor: die griechisch-archaische Technik, welche die Gussformen aus Holzmodellen herstellte, die klassische-griechische Zeit, mit der direkten Technik des Wachs ausschmelzverfahrens, und zuletzt, vor allem in römischer Zeit, der Gebrauch der indirekten Technik, die der Produktion von Kopien dienen sollte. Weiterhin sollte nach Kluge in römischer Zeit auch der Sandguss für eine industrielle Produktion angewandt worden sein.

In Wirklichkeit war die Technik der ältesten archaischen Grossbronzen wahrscheinlich die des direkten Vollgusses, wie ein Kopf im Allard Pierson Museum in Amsterdam⁴ vermuten lässt. Es folgt, immer noch in archaischer Zeit, das direkte Wachs ausschmelzverfahren, bezeugt zum Beispiel beim Kopf von Kythera in Berlin⁵ und wahrscheinlich auch beim Apollon von Piräus. Die indirekte Technik des Wachs ausschmelzverfahrens, wie grundlegend bewiesen wurde, beginnt schon in den ersten Jahrzehnten des 5. Jhs. v. Chr.⁶, während die Sandgusstechnik, zumindest für Grossbronzen, in der Antike nicht bezeugt ist. Im Gegenteil ist bei Werken, die Kluge als typische Beispiele des Sandgusses anbringt, nach neuesten Untersuchungen bewiesen worden, dass sie die charakteristischen Spuren des Wachs ausschmelzverfahrens vorweisen.⁷

Das bei archaischen Bronzen im 6. Jh. v. Chr. bezeugte direkte Wachs ausschmelzverfahren wurde also beim Übergang zur klassischen Zeit (5. Jh. v. Chr.) durch das indirekte Verfahren ersetzt und erscheint nicht mehr bis in die Renaissance, abgesehen vielleicht von einigen provincialrömischen Fällen. In den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts wurden bedeutende Fortschritte in der Kenntnis antiker Guss-



Röntgenbild und Leitfähigkeitmessungen am «Betenden Knaben».

2

vorgänge erzielt, vor allem durch interdisziplinäre naturwissenschaftliche Forschungen an den Fundstücken selbst, aber auch durch experimentelle Rekonstruktionen.⁸

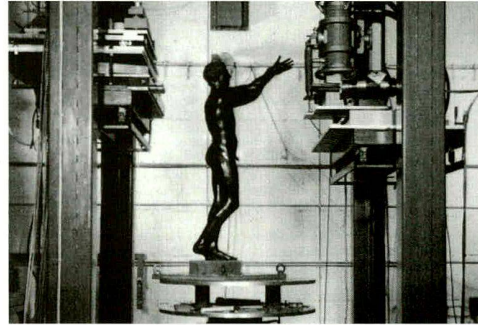
Die experimentelle Archäologie

Im experimentellen Teil des 1995 in Murlo bei Siena abgehaltenen Seminars «I grandi bronzi antichi, dalla forma alla fusione»⁹ wurde in verkleinerter Ausführung eine Giessgrube aus hellenistischer Zeit rekonstruiert. Die Arbeitsgruppe, die die Rekonstruktion ausführen sollte, konnte zuvor die originale Grube auf Rhodos besichtigen (Abb. 1). Im Nachbau von Murlo war die experimentelle Vorbereitung und Abbrennung eines Gussmodells aus den Negativabformungen einer Hellenistischen Bronze vorgesehen: Hierbei entschieden wir uns für den berühmten, heute in der Berliner Antikensammlung aufbewahrten «Betenden Knaben», ein herausragendes hellenistisches Kunstwerk, das schon in der Renaissance auf Rhodos gefunden worden war. Der wichtigste Teil der Experimentreihe sollte in der Vorbereitung des Wachsmodells und im Ausbrennen der Gussform in der nachgebauten Grube bestehen.

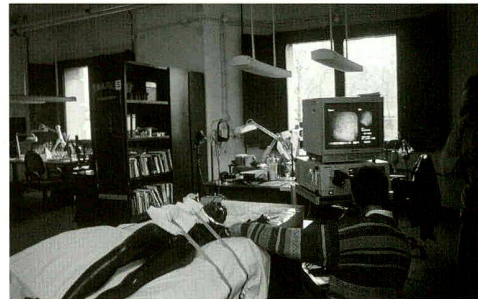
Eine wichtige Voraussetzung für die in der experimentellen Archäologie erprobten Rekonstruktionen besteht zunächst darin, ein Maximum an technischen Informationen über das antike Objekt zu

sammeln. Im Vorfeld des Versuchs nahmen wir das Angebot wahr, mit archäometrischen Methoden die Berliner Bronze-
statue zu untersuchen. Verschiedene naturwissenschaftliche Untersuchungen konnten vorgenommen werden: Röntgen-
aufnahmen (Abb. 2), Computertomographie (Abb. 3, 4), chemische Analysen,

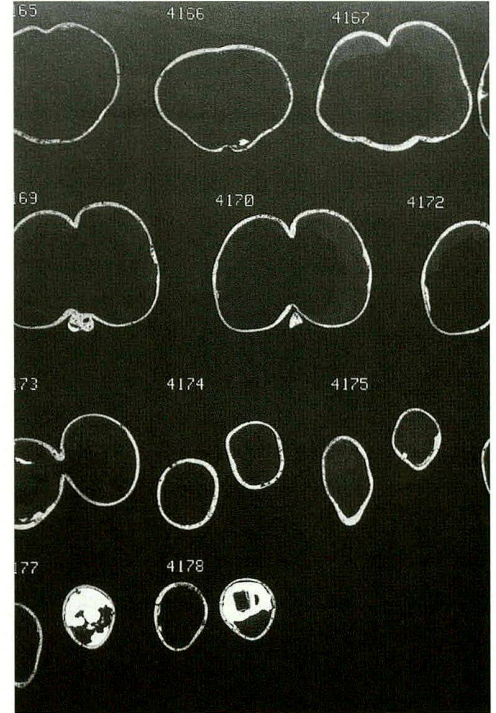
Leitfähigkeitsmessungen (so genannte Eddy-Currents, Abb. 2), Endoskopie (Abb. 5, 6) und vor allem eine gründliche Beobachtung der inneren und äusseren Oberfläche. Für unsere Zwecke war es von Interesse, Lötungen des Kopfes am Hals und an den Armen festzustellen. So konnten wir die Gussrekonstruktion



Tomographie des «Betenden Knaben» bei der Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin. **3**



Endoskopie bei der Antikensammlung Berlin. **5**



Wanddickemessungen durch Tomographie. **4**



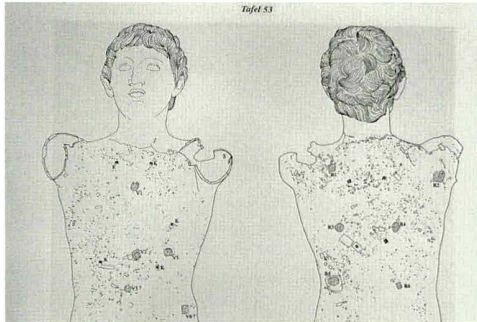
Endoskopie bei der Antikensammlung Berlin. **6**

des Rumpfes zusammen mit den Beinen ohne Bedenken vornehmen. Hierfür konnten wir die jeweiligen Wanddicken, den Typ der Legierung, die Ansatzpunkte der Eingusskanäle und viele weitere technische Details (Abb. 7).

Weiterhin verfügten wir über die Ausgrabungsdaten der Giessgrube auf Rhodos, die in die gleiche Zeit wie die Statue zu datieren ist. So war es uns möglich, Informationen aus zwei völlig verschiedenen archäologischen Untersuchungsfeldern zusammenzuführen, deren Ergebnisse normalerweise nicht wechselseitig berücksichtigt werden: archäometrische Daten und Ausgrabungsergebnisse. Es war also ein Glücksfall, dass eine der am besten erhaltenen und mustergültig publizierte Giessgruben ausgerechnet diejenige in Rhodos war und aus dem 3. Jh. v. Chr. stammte. Dies ist genau der Herkunftsort und die Entstehungszeit der Bronze-
statue in Berlin.

Die Rekonstruktion

Das Wachsmodell des «Betenden Knaben», ohne Kopf und ohne Arme, wurde in Einzelteilen aus den Negativformen mit Hilfe des Ausschwenkverfahrens hergestellt. Die einzelnen Teile waren der Oberkörper und die Beine mit Füßen (Abb. 8). Das Modell wurde in der Mitte



Detailzeichnungen des «Betenden Knaben». 7

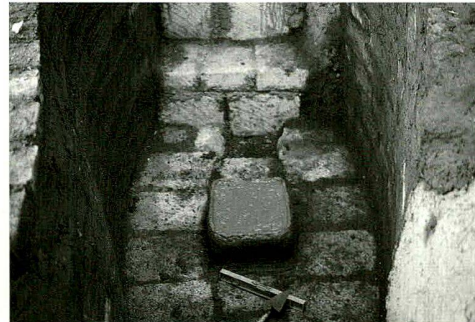


Bearbeitung der Wachsmodelle. 8

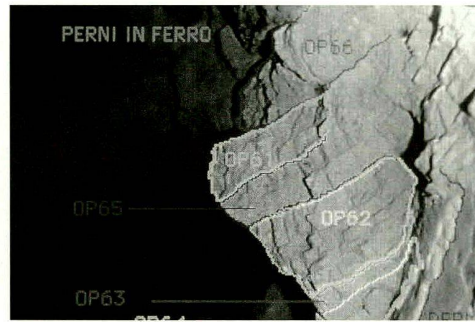
der Grube auf eine quadratische Basis aus Erdgemisch gestellt, wie dies auch für die Grube in Rhodos nachgewiesen werden konnte (Abb. 9). Die Basis war noch weich, als eine im Querschnitt quadratische Eisenstange, die als Gerüst für die Form dienen sollte, tief in die Skulptur hineingestossen wurde. Die noch leere Wachstform eines Beines wurde an der Eisenstange angebracht. Das Gleiche geschah auch mit dem anderen Bein. Bevor der Oberkörper aus Wachs an den Beinen angesetzt werden konnte, war es notwendig, den leeren Innenraum der Beine mit einem Gusskern aus Ton zu füllen. Diese Erde wurde noch feucht, aber locker nach und nach mit besonderen Eisenwerkzeugen hineingepresst. Danach wurde der Oberkörper aus Wachs an die Beine gesetzt und mit weiterem Ton gefüllt.

Es gibt natürlich auch andere Methoden, die Wachstform mit dem Gusskern zu füllen. Eine weitere besteht beispielsweise

in einer Art Ausschwenkverfahren: Der Gusskern wird in viskosem Zustand schichtenweise hineingegeben, in dem man durch stetiges Umdrehen der Wachstform den zähflüssigen Schlamm auf der inneren Oberfläche verteilt. Dieses Verfahren beschleunigt das Austrocknen des Gusskernes. In diesem Fall



Rekonstruierte Giessgrube. 9

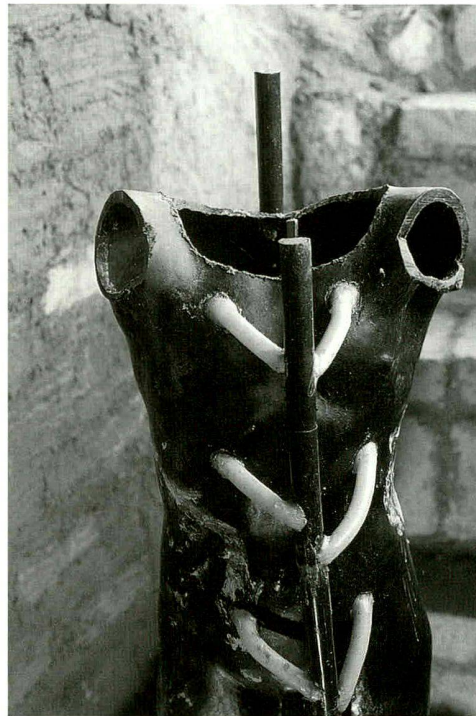


Schichten im Gusskern von Riace B. 10

wird die eiserne Stange erst nach der letzten Füllung in der Mitte eingeführt. Diese Methode ist wahrscheinlich bei den Beinen von der Bronzestatue B aus Riace angewendet worden, in deren Innerem ein aus ganz dünnen Schichten gebildeter Gusskern gefunden wurde (Abb. 10).

Nach Fertigstellung des Wachsmodells wurden die Wachskanäle für den steigenden Guss angelegt (Abb. 11, 12). Die Kanalabschnitte wurden nach oben gebogen und in die vertikalen Sammelkanäle geführt. Die Abstände und die Punkte, in denen sie angesetzt wurden, entsprachen genau denjenigen, die an der originalen Bronzestatue durch die Untersuchung der Oberfläche und durch Röntgenaufnahmen festgestellt werden konnten (Abb. 7). Im unteren Bereich, an der Schnittstelle des halbierten Fusses, wurden vier Kanalstränge angesetzt (Abb. 13), die das Wachs in einen einzigen Ausguss zusammenführen sollten,

welcher im Wachssammelloch endete. Im oberen Bereich liefen die Kanäle im Gusstrichter zusammen. Drei weitere kleine Kanäle auf den Schultern und auf dem Rücken des Modells ermöglichten das Ablassen der Luft während des Gussvorganges.



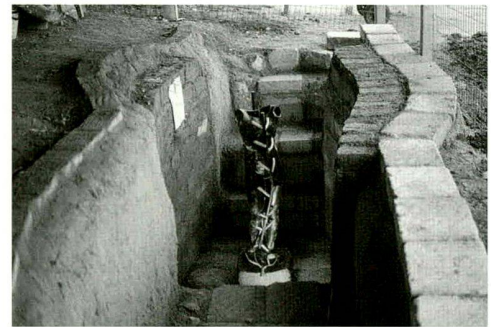
Eingusskanäle.

11

Der äussere Gussmantel wurde, wie bei antiken Statuen, aus verschiedenen Tonschichten hergestellt. Schicht für Schicht wurde mit einem Pinsel oder mit der Hand auf das Wachs des Modells und der Kanäle aufgetragen (Abb. 14). Während dieser Prozedur musste die Basis verstärkt werden, weil das grosse Gewicht des Gusskerns und des nassen Mantels das Standbein in die Basis hineinzudrücken drohte, was eine Deformation des Modells zur Folge gehabt hätte. Je mehr der äussere Mantel anschwell, desto stärker musste das gesamte Gebilde mit Holzstangen abgestützt werden, die an den Wänden der Grube verankert wurden (Abb. 15).

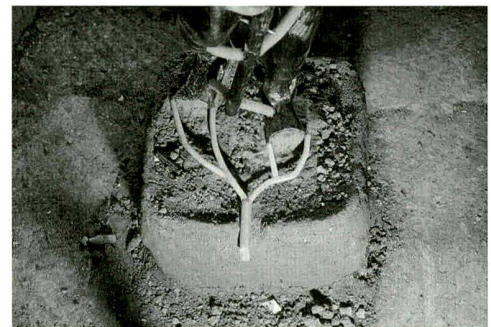
Die weiteren Arbeiten, das heisst, das Brennen des Modells und der Guss, wurden zwei Monate später nach dem völligen Austrocknen der Form unternommen. Durch das Erhitzen der Form sollte das Wachs zwischen Gusskern und äusserem Mantel ausgelassen werden.

Der dadurch entstehende Zwischenraum wird beim eigentlichen Metallgussvorgang mit der flüssigen Bronze ausgefüllt, die in erkaltetem Zustand dann genau das Wachsmodell wiederholt. Um die Form völlig auszutrocknen und um sie dadurch zu festigen, musste das Brennen in einer Art Ofen vorgenommen werden.



Gussform aus Wachs in der Grube.

12



Wachsausgusskanäle.

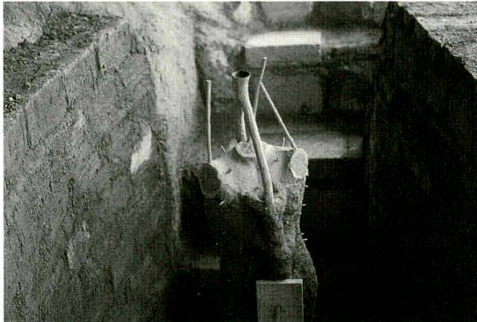
13

Zwei Wände dieses Ofens bildeten die Stützmauern der Giessgrube selbst, die beiden anderen mussten zusätzlich errichtet werden. Diese Arbeit wurde mit den gleichen rohen ungebrannten Ziegeln ausgeführt, mit denen auch die Wände der Grube ausgekleidet worden waren. Im unteren Bereich wiesen diese beiden eingebauten Mauern je zwei Öffnungen auf, um eine Luftzufuhr zu ermöglichen. Der für das ausströmende Wachs vorbereitete Kanal verlief unterhalb der Mauer und durchquerte diese, um in die eigens dafür vorbereitete Grube hinter der Mauer zu münden, wo das Feuer das Wachs nicht anbrennen konnte.

Das Ausbrennen des Wachsmodells erreichte man, indem glühende Holzkohle um die Basis gelegt wurde (Abb. 16). Weil das Erhitzen nur sehr langsam beginnen durfte, blieben die Luftlöcher in dieser Phase geschlossen. Nach drei Stunden war das flüssige Wachs noch

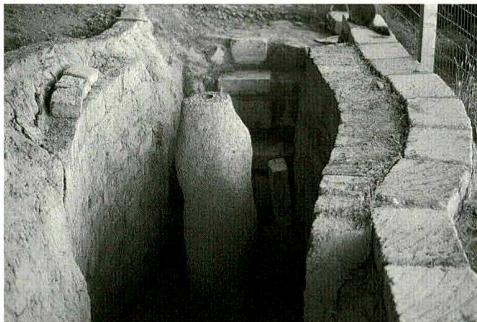
nicht ausgetreten, obwohl man den Geruch von verbranntem Wachs wahrnehmen konnte. Das bedeutete, dass das ausströmende Wachs einen Querweg über den Gussmantel gefunden hatte und sich in das Feuer ergiessen konnte. Der Grund war, dass der äussere Gussmantel aus statischen Gründen

Feuer nach. Dem Trichterloch entstieg dunkler Rauch, der von der Verbrennung des restlichen Wachses kündete. Der Brennvorgang dauerte ohne Unterbrechungen noch weitere drei Tage und Nächte, insgesamt 72 Stunden, mit einem Gesamtverbrauch von etwa 24 Zentner Holz. Am Nachmittag des dritten Tages



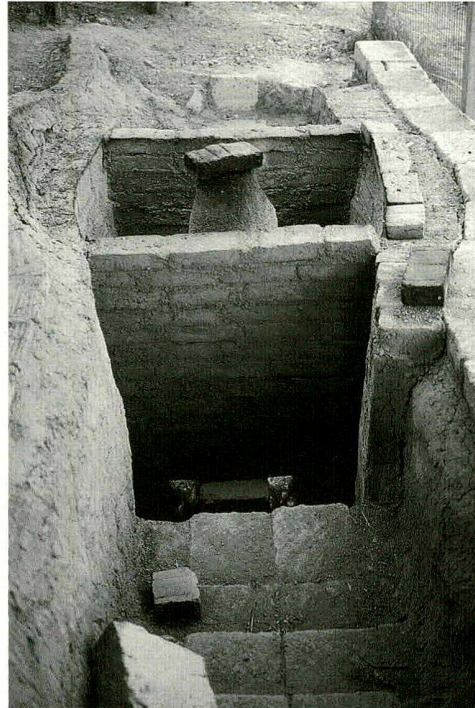
Erste Tonabdeckung des Wachsmodells.

14



Gussform mit Gussmantel.

15



Ausbrennen der Gussform.

16

auf der Vorderseite viel dicker als auf der Rückseite aufgebaut worden war, weshalb das Wachs zuerst im rückwärtigen Teil geschmolzen war, während es im vorderen noch hart blieb. Um dieses Problem zu lösen, wurde die Kohlenmenge im vorderen Bereich erhöht. Kurz darauf begann das flüssige Wachs endlich sprudelnd aus dem Kanal zu fließen. Danach legten wir Holz auf das

wurde der Rauch aus dem Trichterloch weiss. Das bedeutete, dass auch das von den inneren Wänden des Gussmantels absorbierte Wachs völlig verbrannt war. Der weisse Rauch war Wasserdampf. Gegen Abend zeigte sich keinerlei Rauch mehr: Die Form war nun völlig ausgetrocknet, und der Brennvorgang war damit beendet. Auch unser Experiment war dadurch mit Erfolg zu Ende.

¹ G. Zimmer: Antike Werkstattbilder, Berlin 1982.

² G. Zimmer: Griechische Bronzegusswerkstätten, Mainz 1990.

³ K. Kluge, K. Lehmann-Hartleben: Die antiken Grossbronzen, Berlin 1927.

⁴ J. Hemelrijk: Analyse van twee bronzen koppen, in: Vereniging van Vrieden van

het Allard Pierson Museum, Amsterdam Mededelingen blad 43, 1988, S. 32-34.

⁵ W. D. Heilmeyer: Neue Untersuchungen am Jüngling von Salamis, in: Archäologische Bronzen, Berlin 1985, S. 132-138.

⁶ D. Haynes: Some Observations on Early Greek Bronze-Casting, in: Archäologischer Anzeiger 1962, S. 803-807;

D. Haynes: Ancient Bronze-Casting Methods, in: Archäologischer Anzeiger 1970, S. 450-452; E. Formigli: Bemerkungen zur Entwicklung des Gussverfahrens griechischer Bronzestatuen, in: Boreas 4, 1981, S. 15-24.

⁷ E. Formigli: Nota Tecnica, in: E. Giuliano (ed.), Museo Nazionale Romano, Le sculture, 9, parte II, S. 418-420.

⁸ E. Formigli (ed.): Antiche officine del bronzo, Siena 1993.

⁹ E. Formigli (ed.): I grandi bronzi antichi, Le fonderie e le tecniche di lavorazione dall'età arcaica al Rinascimento, Siena 1999.