

Archäologie des leeren Raumes

Zur Rolle des Experimentes bei der Erforschung antiker Werkstätten

Gerhard Zimmer

Als im Jahr 1839 mit der finanziellen Unterstützung der im Ausland lebenden Griechen und der europäischen Philhellenen der Grundstein der Athener Universität gelegt wurde, da erhielt der Wiener Historienmaler Karl Rahl den Auftrag für einen langen Schmuckfries im Eingangsbereich (Abb. 1)¹. Im Zentrum thront König Otto, umgeben von den Personifikationen der Wissenschaften. Allen voran schreitet von links her die Philosophia, doch gleich danach folgen Historia und Archaologia. Ohne die Bildexegese zu weit treiben zu wollen, zeigt sich doch ein enges geschwisterliches Verhältnis, wobei ein gewisses werbendes Verhalten seitens der Archaologia nicht zu verkennen ist. Beide widmen sich der Antike, die Geschichte ist der Schrift verpflichtet, die Archaologia weist auf die Bedeutung der Funde, in diesem Falle eine rotfigurige Vase, die damals als Erzeugnis der etruskischen Kunst galt. Auch wenn der Fries erst 1889 ausgeführt wurde, spiegelt er die Sicht der Wissenschaften und ihre Rangordnung im



Abb. 1: Athen, Alte Universität. Fries der Eingangshalle mit König Otto als dem Förderer der Künste.

¹ Turczynski 1999; Russack 1942, 101–107.

19. Jahrhundert wider. Parallelen zu der Situation unserer Fächer in Eichstätt sind rein zufällig².

Ganz in diesem Sinne will ich versuchen, archäologische Forschungsergebnisse für das historische Geschichtsbild zu nutzen. Dies gibt mir die Gelegenheit, auf eine Reihe von nun insgesamt vier Projekten mit dem Gießerei-Institut der RWTH in Aachen hinzuweisen, die seit 1993 mit Mitteln der Volkswagenstiftung und der Fritz-Thyssen-Stiftung durchgeführt wurden³. Im Mittelpunkt standen dabei ursprünglich Fragen der Herstellungstechnik, doch ermöglicht uns jetzt eine Zusammenschau der Ergebnisse auch neue Erkenntnisse zum Aussehen von Werkstätten des antiken Bronzegusses.

Die althistorische Forschung hat sich immer wieder mit der Welt der Arbeit beschäftigt, obwohl die Quellenlage ausgesprochen ungünstig ist. Handwerk war, soweit es zu reinen Erwerbszwecken ausgeübt wurde, in der gesamten Antike nicht besonders angesehen, und vor allem hat diese Arbeit sehr wenig schriftliche Belege hinterlassen. Handwerkliche Fertigkeiten wurden nur mündlich tradiert, praktische Lehrbücher gab es nicht. Schriftliche Zeugnisse beschränkten sich deshalb auf Bauabrechnungen, Grabinschriften und andere eher indirekte Quellen für das Leben und die soziale Einordnung des Gewerbes.

Nun sollte man denken, dass auf diesem Gebiet die Archäologie mit ihrer Kenntnis der Realien und bildlichen Wiedergaben sekundieren könnte, doch auch für uns ist es schwierig, Material zur Verfügung zu stellen, welches Rückschlüsse auf die Arbeitsweise von Werkstätten, ihre personelle Zusammensetzung, ihre Ausdehnung und Struktur erlauben würde (Abb. 2). Das liegt einmal daran, dass die Handwerker in der Regel nur wenige Spezialgeräte besaßen und sich z. B. bei der Metallarbeit mit Hammer und Zange sowie einem Amboss begnügten. In den *Hetärogenesprächen* des Lukian spricht eine Frau von ihrem verstorbenen Mann, einem Schmied: „Aber nach dem Tode meines Mannes verkaufte ich zuerst die Zangen, den Amboss und den Hammer für zwei Minen, und davon lebten wir.“⁴

² Für die Einladung zu dem anregenden Kolloquium danke ich A. Hartmann herzlich. Die Vortragsform wurde weitgehend beibehalten, die Anmerkungen sind auf das Wesentliche beschränkt.

³ Es waren dies folgende Projekte:

1994–1996: Erforschung der Gusstechnik antiker Großbronzen mit Hilfe der Computersimulation und des Experimentes (zusammen mit P. R. Sahn, Gießerei-Institut RWTH Aachen/Finanzierung: Volkswagen-Stiftung).

2002/3: Erschmelzen von Zinnbronze in großen Lehmteiegeln mit Eisenarmierung (zusammen mit P. R. Sahn, Gießerei-Institut RWTH Aachen/Finanzierung: Fritz-Thyssen-Stiftung).

2005/7: Experimentelle Versuche zur Farbigeit griechischer Großbronzen (zusammen mit A. Bührig-Polaczek, Gießerei-Institut RWTH Aachen/Finanzierung: Fritz-Thyssen-Stiftung).

2008/9: Untersuchungen zur Stückungstechnik griechischer Großbronzen (zusammen mit A. Bührig-Polaczek, Gießerei-Institut RWTH Aachen/Finanzierung: Fritz-Thyssen-Stiftung).

⁴ Lukian. dial. meretr. 6,1. – Zimmer 1982a, 12.

Abb. 2: Sog. Erzgießereischale. Berlin, Antikensammlung. Neben einem Ofen mit hoher Esse, hinter dem ein Mann den Blasebalg bedient, arbeitet ein Bronzegießer an einer Statue, die im Stückeguss hergestellt wird. Ein Strich am Handgelenk zeigt an, dass die Hand der liegenden Figur erst angesetzt ist.



Bild urheberrechtlich geschützt

Finden wir also Werkstätten, so müssen wir uns in der Regel mit Hinweisen wie Steinabschlägen, Halbfabrikaten sowie Bronze- und Eisenresten begnügen. Das andere Problem liegt darin, dass in griechischer Zeit keine Raumtypen entwickelt wurden, die charakteristisch für bestimmte Berufssparten gewesen wären. Wir haben es mit neutralen Raumgruppen zu tun, wobei sich die an einer Seite offene Halle als besonders idealer Arbeitsplatz erwies. Es fällt uns daher schwer, die Arbeitsorganisation anhand der Fundsituation zu rekonstruieren, und deshalb möchte ich einen Weg aufzeigen, der hier weiterführen kann.

Bei den Grabungen der 1970er Jahre im Anaktoron von Demetrias, einem makedonischen Palast, zeigte sich, dass wir es hier mit einer riesigen Palastanlage mit mehreren Höfen zu tun haben⁵. Im östlichen Innenhof fanden die Ausgräber Hinweise auf die Tätigkeit einer Werkstatt für den statuarischen Bronzeguss in Form von großen Gussgruben⁶. Dazu gehören Fragmente des Formmantels, mit dem die Statuen im Teilgussverfahren hergestellt worden waren. Die Form war aus verschiedenen Schichten aufgebaut, getrocknet, ausgebrannt und schließlich mit flüssiger Bronze gefüllt worden. Nach dem Erkalten der Schmelze wurde der Formmantel in kleine Stücke zerschlagen und auf diese Weise ging leider auch die Information verloren, wie der Rohguss ausgesehen haben könnte.

Nun haben sich in den zahlreichen Kisten mit Fragmenten kleinere Bruchstücke erhalten, welche Hinweise auf das gegossene Werk erlauben: Einmal ist dies der Abdruck eines Haarteils und zwar einer Kalotte, deren erhaltene Ränder uns den Schluss

⁵ Marzolff 1994.

⁶ Zu den Funden Zimmer 2003.

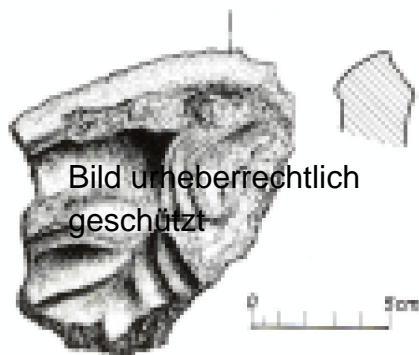


Abb. 3: Volos, Museum. Formbruchstück einer männlichen Statue. Oben und in einem Profilschnitt die Randzone.

zierte. Solche *phalerae* kennen wir seit hellenistischer Zeit von Pferdegeschirren, wo solche Medaillons die Kreuzungen der Lederriemen schmückten⁷. Wenn die *phalerae* wie in unserem Falle gesondert gegossen wurden, ist dies ein Zeichen hoher Qualität, wie sich das z. B. auch am Pferd des Marc Aurel vom Kapitol erkennen lässt⁸. Wir können also davon ausgehen, dass in der Werkstatt, die im 2. Jh. v. Chr. eine Zeit lang im Anaktoron arbeitete, eine überlebensgroße Reiterstatue gegossen wurde.

Die festen Installationen der Werkstatt in Form von zwei großen Gussgruben fanden sich in der Nordostecke des Peristyls. In solchen Gruben, die meist einen ovalen Grundriss hatten und von der schmalen Seite her über Stufen betreten werden konnten, wurde die Form aufgebaut, ausgebrannt und mit flüssiger Bronze ausgefüllt (Abb. 5).

Diese Gruben nehmen freilich nur einen ganz kleinen Teil des Raumes im Peristyl ein und man fragt sich, ob der übrige Raum auch für die Werkstattarbeiten genützt wurde und für welche. Wir können dafür auch nicht auf die Erfahrungen zeitgenös-

erlauben, dass damit ein leicht überlebensgroßer männlicher Kopf gegossen wurde (Abb. 3).

Ein zweites Fragment zeigt uns den Rest eines kleinen Köpfchens, dessen Ein-gusstrichter noch erhalten ist und belegt, wie das Köpfchen in einem aufsteigenden Guss hergestellt wurde. Die Zuleitung führte vom deutlich zu erkennenden Trichter um die Büste herum und saß an der Kalotte an (Abb. 4). Wir haben es also mit dem Rest einer kleinen Gussform zu tun, in der eine *phalera* hergestellt wurde, die der Kopf einer Frau, vermutlich einer Göttin,



Abb. 4: Volos, Museum. Formbruchstück mit dem Abdruck einer kleinen Büste. Auf der rechten Seite die Rekonstruktion des Gusskanals.

⁷ Gute Beispiele liefert die Figurengruppe aus Cartoceto di Pergola in Ancona: Galliazzo 1981, 206 Abb. 132; Greco 1987; Bergemann 1990, 81, P 29.

⁸ Galliazzo 1981, 207 Abb. 33; Vaccaro – Sommella 1989, 54f.; Bergemann 1990, 105 P 51.

sischer Gießereien zurückgreifen, weil sich die Technik in vieler Hinsicht verändert hat. Jede kleine Änderung im Arbeitsablauf oder bei der Materialwahl zieht ihrerseits Veränderungen der Technik nach sich oder auch umgekehrt.

Um diese Wissenslücken zu füllen, haben wir mit dem Gießerei-Institut der RWTH-Aachen insgesamt vier Projekte durchgeführt, bei denen – ausgehend von der Analyse der Grabungsbefunde – einzelne Arbeitsschritte und ihre technologische Entwicklung rekonstruiert und im Experiment überprüft worden sind.

Im Rahmen eines solchen Versuches haben wir in Murlo bei Siena 1995 eine Grube für den Guss einer Statue in den Boden eingetieft und für die Arbeiten hergerichtet⁹. Als Form diente uns der sog. Bettende Knabe aus Rhodos, der heute eines der wichtigen Stücke der Berliner Antikensammlung ist und sich seit 1998 wieder an seinem ursprünglichen Aufstellungsort im Alten Museum befindet (Abb. 6)¹⁰.

Gussgruben dienten hauptsächlich zum Aufheizen und Ausbrennen der Form. Besser erhaltene Befunde in Rhodos und Athen zeigen, dass die Isolierung der Gruben durch Lehmziegel erfolgte¹¹. Wir haben zu diesem Zweck Lehmziegel vor Ort gefertigt und für die Auskleidung der Wände benutzt. Als Material diente z. T. der gesiebte Aushub, zum anderen der Lehm aus der Nähe des Friedhofs von Murlo. Da natürlich Arbeitskraftmangel herrschte, haben wir zur Aufbereitung einen Betonmischer verwendet (Abb. 7)¹². In der Antike müssen wir uns hier einen Platz vorstellen, wo der Lehm mit Wasser verdünnt und wohl mit den Füßen gestampft wurde, wie es uns eine



Abb. 5: Demetrias, östlicher Hof des sog. Anaktoron.

⁹ Die Arbeiten fanden im Rahmen eines Seminars statt, das von Edilberto Formigli durchgeführt wurde.

¹⁰ Scholl – Platz-Horster 2007, Nr. 31 mit Literatur.

¹¹ Zimmer – Bairami 2008, 36ff. zu den Funden aus dem Grundstück Mylonas Nasou.

¹² Die ausführliche Beschreibung der Arbeiten in dem Katalog Zimmer – Hackländer 1997.



Abb. 6: Antikensammlung Berlin. Be-tender Knabe.

der Votivtafeln aus Penteskouphia zeigt (Abb. 8)¹³. Ein Transport luftgetrockneter Ziegel scheidet wohl aus, weil die Bruchgefahr dabei zu groß gewesen wäre. Das Formen der Lehmziegel mit Hilfe einer Form aus Holz war recht einfach und lässt sich auch von unerfahrenen Hilfskräften rasch durchführen; dagegen erfordert die Trocknung einige Vorsicht. Die Lehmziegel dürfen nicht dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt werden, weil sie sonst Risse bekommen und brechen (Abb. 9)¹⁴. In Murlo haben wir uns damit beholfen, die Lehmziegel mit Plastikfolien abzudecken. In der Antike dagegen wird man wohl vorhandene Dächer als Sonnenschutz zu nutzen gewusst haben. Für die Werkstatt in Demetrias bot sich für solche vorbereitenden Arbeiten der Südflügel des Peristyls an, der mit seiner Öffnung nach Norden dafür besonders geeignet war. Bedenkt man die Größe der Gruben, so ist die Fläche von etwa 150 m² für das Auslegen der Ziegel durchaus angemessen.

Der Aufbau der Gussform erfolgte in der Grube. Ausgangspunkt war ein Modell, von dem Hilfsnegative abgenommen wurden, mit denen dann wiederum die Wachsform hergestellt wurde. Diese Phase der Arbeiten lässt sich bisher weder im Befund nachweisen noch im Experiment rekonstruieren, doch dürfen wir auch dafür einen geschützten Platz unter dem Dach des Peristyls annehmen. Die bildliche Wiedergabe einer solchen Arbeit zeigt eine Oinochoe in der Berliner Antikensammlung, auf der Athena ein Pferd aus Ton formt (Abb. 10)¹⁵.

Wie das in Murlo geschah, zeigen die beiden Bilder vom Aufbau der Wachsform des Knaben (Abb. 11 und 12). War die Wachsform aufgebaut, musste vorsichtig der Kernton eingebracht werden. Die Versuche im Vorfeld des Experimentes von Murlo haben gezeigt, wie schwierig es ist, eine solche Tonmischung herzustellen, die möglichst trocken in die Wachsform eingebracht werden musste. Die früher geäußerten Vermutung, der Ton sei fast flüssig eingefüllt worden, hat sich als nicht haltbar er-

¹³ Berlin, Antikensammlung F 891. Zimmer 1982b, Farbtafel III 2.

¹⁴ Herr Kollege Graefe hat mich in der Diskussion darauf aufmerksam gemacht, dass die heutigen Ägypter den Trocknungsprozess durch die Magerung steuern, so dass anscheinend auch die Trocknung in der direkten Sonneneinstrahlung möglich ist. Die an antiken Lehmziegeln beobachtete Magerung mit Splitt und Stroh verhält sich da anders.

¹⁵ Berlin, Antikensammlung F 2415. Beazley ARV² 776,1; 1669. – Beazley 1971, 416. – Zimmer 1982b, Farbtafel I.



Abb. 7: Herstellung von Lehmziegeln, Murlo. Prüfung der Tonmischung.



Abb. 8: Votivtäfchen aus Penteskouphia bei Korinth. Berlin, Antikensammlung. Die Frau rechts formt mit den Händen einen Tonklumpen, um ihn auf die Töpferscheibe aufzusetzen. Der alte Mann hält sich an einem Riemen fest, der von der Decke der Werkstatt herabhängt, um beim Stampfen des Tons nicht das Gleichgewicht zu verlieren.



Abb. 9: Herstellung von Lehmziegeln, Murlo. Die Ziegel werden aus der Holzform gedrückt und auf Lattenrosten ausgelegt, bevor sie mit einer Plastikfolie überdeckt werden.



Abb. 10: Rotfigurige Oinochoe. Berlin, Antikensammlung. Athena, kenntlich an ihrem Helm, hat den Mantel um die Hüfte gelegt und formt ein Pferd aus Ton. Die Unfertigkeit wird durch das fehlende Bein angedeutet. Der plastisch aufgetragene Ton stellte einen raffinierten Realismus dar.

Abb. 11:
Aufbau der
Wachsform
in der Gru-
be. Murlo.



Abb. 12: Aufbau
der Wachsform.
Murlo. An der
Vorder- und
Rückseite wer-
den die Zu- und
Ableitungen für
die Schmelze
angesetzt. Durch
das an den Fü-
ßen angesetzte
Leitungssystem
wird das Wachs
beim Erhitzen
der Form in eine
Grube geleitet,
die außerhalb
des Brennrau-
mes liegt.



wiesen¹⁶. Flüssiger Ton trocknet in der Wachsform nicht aus¹⁷. Deshalb benötigten die Arbeiter auch Raum und Gefäße oder Gruben, in denen der Kernton angemischt und vorgetrocknet werden konnte.

In diesem Stadium der Arbeit musste der Formmantel aufgebaut werden. Dies geschah in mehren Schichten, um Spannungen und Risse beim Trocknen zu vermeiden. Die einzelnen Schichten waren dabei unterschiedlich dick und mit verschiedenen Zuschlägen gemagert. Die innerste Schicht bestand aus fein geschlämmtem Ton und hatte die Funktion, alle Details der Wachsfläche abzubilden. Nach den Strichspuren



Abb. 13: Auftrag der dünnen innersten Ton-
schicht auf die Wachsform. Murlo.

zu urteilen, wurde der Ton mit dem Pinsel aufgetragen (Abb. 13). Die nächstfolgende Lage war meist mit Haaren gemagert und möglichst gut knetbar, während die äußerste, oft mehrere Zentimeter dicke Schicht mit Zuschlägen von Stroh und Splitt gemagert war und damit der Form nach dem Brand die nötige Stabilität vermittelte.

Die Gießereiarbeiter mussten also über eine gute Materialkenntnis bei Ton und Lehm sowie eine entsprechende Erfahrung

¹⁶ Eine Klärung brachten auch die neuen Untersuchungen am Gusskern der Bronzen von Riace nicht, vgl. Vaccaro u. a. 2003.

¹⁷ Wirth u. a. 1997, 86f.

verfügen. Wenn sie sich nicht auf örtliche Zulieferer unter den Töpfern verlassen wollten, müssen wir im Innenhof mit flachen Gruben rechnen, in denen sich der Ton absetzen konnte. Ebenso musste Material zur Magerung wie Kies, Haare oder Stroh bereit liegen. Dafür haben wir sogar schriftliche Nachweise in der Epistatenschrift über den Guss der Athena Promachos, wo von τρίγες die Rede ist¹⁸.

War die innerste Formschicht aufgetragen, so mussten Eisenstifte durch die Wachsschicht in den Kern gedrückt werden (Abb. 14). Diese Kernhalter hatten die Aufgabe, nach dem Ausschmelzen des Wachses den Kern gegen ein Absacken zu sichern. Solche Stifte waren in der Regel wie Nägel vierkantig geschmiedet. Ebenso wie die Stützstangen wurden sie von einem Eisenschmied hergestellt und so erklären sich auch die im Innenhof gefundenen Eisenschlacken.



Abb. 14: Kernhalter werden durch die erste Tonschicht in den Kern gedrückt. Murlo.



Abb. 15: Rotfigurige Schale. Berlin, Antikensammlung. Ein Schmied mit der für Handwerker charakteristischen Kappe aus Leder oder Filz treibt ein rot glühendes Eisenstück auf einem Amboss.

Eisenschlacken fanden sich mehrfach im Umfeld von Bronzegusswerkstätten, so dass wir in der Regel annehmen dürfen, dass im Werkstattbetrieb auch ein Grobschmied seinen Platz finden musste¹⁹. Die neuen Ergebnisse der Grabungen am Südbang der Akropolis in Athen haben gezeigt, dass in manchen Fällen Armierungen aus Eisen um die Form gelegt wurden, die für eine Druckableitung sorgten²⁰. Auch dies war dann Aufgabe des Grobschmiedes (Abb. 15)²¹.

Als arbeits- und materialintensiv hat sich bei dem Experiment in Murlo das Ausheizen der Grube erwiesen. Obwohl der Teilguss nur etwa 1 m hoch war, mussten wir etwa 3 Tage und Nächte durchgehend schüren, bis die Form völlig ausgebrannt war (Abb. 16)²². Dies ließ sich daran erkennen, dass kei-

¹⁸ IG F³ 435. – Zuletzt Lundgreen 1997.

¹⁹ Zimmer 1990, 163.

²⁰ Zimmer 2009, 221 Abb. 14.

²¹ Berlin, Antikensammlung 1980.7. – Zimmer 1982a.

²² Hackländer – Formigli 1997, 97.



Abb.16: Ausheizen der Form. Murlo. Die Grube wurde dabei mit zwei Wänden aus Lehmziegeln verkleinert. Nach dem Auftrag von mehreren Schichten des Tons lässt sich die ursprüngliche Form nicht mehr erkennen.

nerlei Wasserdampf mehr aus den Öffnungen aufstieg. Geheizt wurde mit Holz, und bei der Größe der beiden Gruben in Demetrias dürfen wir dabei von einer beträchtlichen Menge Holz ausgehen, die am Beginn der Heizperiode im Innenhof gelagert werden musste.

Zeitlich leicht verschoben musste auch die Bronze zum Schmelzen gebracht werden. War die Form ausgebrannt, musste unmittelbar die Legierung eingefüllt werden, um einen guten Fluss in die kleinsten Details hinein zu gewährleisten. Das Erhitzen der Bronze geschah in großen Tiegeln aus Ton, die mit Eisenstangen armiert waren und über kurze Strecken transportiert werden konnten. Vom Aussehen geben uns Reste in Olympia Kenntnis²³.

Die Funktionstüchtigkeit solcher Geräte lieferte aber erst eine Versuchsreihe am Gießerei-Institut (Abb.17). Dabei zeigte sich, dass das Schmelzmaterial im Tiegel mit Holzkohle überhäuft werden musste. Blasebalgdüsen waren mindestens drei einzusetzen. Um eine ausreichende Überleitung zu erzielen, die einen guten Platz der Schmelze zur Folge hatte, mussten wir gut 1100°C erreichen.

Dabei ergaben sich verschiedene Schwierigkeiten, die ich hier nicht alle erwähnen kann, die aber alle mit der begrenzten Widerstandsfähigkeit von Ton gegenüber großer Hitze zusammenhängen. Am Ende stand die Erkenntnis, dass die Gehilfen am Blasebalg weder zu viel noch zu wenig Luft einleiten durften und dass sich die 1100°C nur dann problemlos erreichen ließen, wenn der Tiegel in glühender



Abb. 17: Nach dem Befund in Olympia rekonstruierter Gusstiegel. Aachen, Gießerei-Institut. Der Tiegel ist in eine mit Schamotte ausgekleidete Blechkiste gestellt und mit Holzkohle überhäuft.

²³ Schneider – Zimmer 1984/86, 54 Anm. 18. Völling – Zimmer 1995.

Holzkohle stand und auch von unten her noch Luft zugeführt wurde (Abb. 18). In *manpower* umgesetzt bedeutet dies pro Tiegel vier Arbeiter, die durchaus gut bei Kräften sein mussten, da das Schmelzen sich über mindestens eine Stunde hinzog.

Bei unseren Versuchen in Aachen zeigte sich, dass zwei Mann den Tiegel mit 15 kg Schmelze zu bewegen und die Schmelze abzugießen vermochten. Der Tiegel war nach der Abkühlung am nächsten Morgen wieder zu gebrauchen, die Oberfläche sah ähnlich aus wie die Tiegelfragmente aus dem Fundmaterial der Werkstätten²⁴.

Was bedeutet das nun für den Raum im Peristyl von Demetrias? Pro Tiegel wären mindestens drei Männer an den Blasebalgen nötig gewesen, dazu zwei, die das Geschehen koordinierten, Holzkohle nachfüllten und im entscheidenden Moment die Stangen durchschoben und den Tiegel zur Gussform an die Grube transportierten. Gehen wir davon aus, dass in jedem Tiegel 30 kg Bronze erschmolzen wurden, so müssen wir für ein großes Gussteil in der über 2 m tiefen Grube schon 10 Tiegel rechnen.

Da nach unserem Experiment bei den Tontiegeln mit einer gewissen Ausfallquote gerechnet werden muss, hat man sicher noch 2–4 Tiegel mehr beheizt. Rechnen wir als Minimum 9 m² Platzbedarf pro Tiegelmansschaft, so hätten die Schmelzer an die 130 m² für ihre Arbeit gebraucht, also eine Fläche von 10 × 13 m oder 5 × 26 m.

Wo wir diesen Arbeitsbereich ansetzen, bleibt wegen der fehlenden Befunde spekulativ, doch ist er mit großer Wahrscheinlichkeit neben den Gießgruben im nördlichen Innenhofbereich anzunehmen. Nicht zu vergessen sind dabei aber auch die notwendigen Vorräte an Holzkohle und Rohmaterial in Form von Kupfer, Zinn und Blei.

Der Guss mit Hilfe von mehreren Tiegeln ist technologisch unproblematisch, er ist eher ein logistisches Problem, da die Schmelze aus den Tiegeln in kurzen Abständen eingegossen werden muss, um sogenannte Kaltrisse zu vermeiden. Als Parallele für den logistischen Aufwand bietet sich die Technik des Eisengusses in der Moderne an. So wurden bei Krupp noch bis zum Ersten Weltkrieg wichtige Teile wie Schiffsschrauben mit Hilfe des Tiegeltgusses hergestellt, weil dabei die Qualität der Gussstücke am besten war. Wir haben Bilder und Berichte, wie Dutzende von Arbeitern

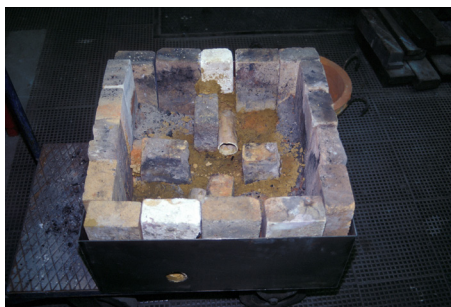


Abb. 18: Von unten an den Tiegel geführte Luftleitung, welche für eine ausreichende Unterhitze sorgte. Aachen, Gießereinstitut.

²⁴ Zimmer 2006.



Abb. 19: Halle der Firma Krupp mit Arbeitern, die jeweils zu zweit einen Tiegel mit flüssiger Schmelze tragen.

in Zweiergruppen hintereinander mit Gra-phittiegeln die Schmelze transportieren (Abb. 19)²⁵.

In der Antike nahm die Nachbearbeitung des Rohgusses viel Zeit und Arbeitskraft in Anspruch. Auch dies hing mit dem Arbeitsmaterial Ton zusammen, denn bei Tonformen dringt immer etwas Bronze in feine Risse, die dann am Rohguss dünne Grate erzeugen. Außerdem musste die in den Zu- und Ableitungen erstarrte Bronze abgearbeitet und geglättet werden, wobei Geräte wie die Flex in der Antike nicht zur

Verfügung standen. Der Rohguss, den wir beim Projekt „Betender Knabe“ nach dem antiken Vorbild gegossen hatten, verdeutlicht die Menge an noch anstehender Arbeit, wenn man sich vorstellt, dass alle Zuleitungen per Hand abgearbeitet und die Flächen dann gereinigt und geglättet werden mussten (Abb. 20).

Bei der Reiterstatue, die in der Werkstatt im Anaktoron von Demetrias hergestellt wurde, handelte es sich um einen Guss aus mehreren Teilen, die nach der groben Reinigung miteinander verbunden werden mussten. In Aachen konnten wir zwar keine so große Gruppe gießen, sondern nur die Gruppe eines Knaben mit einer Gans, deren beste Marmorkopie aus römischer Zeit in der Glyptothek in München steht²⁶. Dabei zeigte sich aber, dass es ziemlich schwierig war, die einzelnen Teile zusammenzufügen und für eine Schweißverbindung vorzubereiten (Abb. 21). Der ausführende Gießer, Herr Dr. Ellerbrok, musste immer wieder am Modell kontrollieren und manche Teile wurden nur punktgeschweißt, um später nochmals getrennt zu werden. Bei großen Objekten, wie etwa einer Reiterstatue, benötigten die Handwerker ganz sicher



Abb. 20: Rohguss des Betenden Knaben mit teilweise abgeschlagenem Formmantel. Aachen, Gießerei-Institut, Foyer.

²⁵ Wolbring 2000.

²⁶ Kunze 2002, 142–152 – Zimmer 2012.

ein Gerüst oder andere Vorrichtungen, die eine Fixierung der einzelnen Güsse erlaubten.

Auf der sogenannten Erzgießereischale sehen wir die Statue eines Kriegers im Ausfallschritt. Zwei Arbeiter sind dabei, die Oberfläche zu glätten, d. h. die Statue ist noch nicht aufgestellt, sondern befindet sich noch in der Werkstatt (Abb. 22). Nun erscheint hinter dem Krieger eine Struktur, die unterschiedlich gedeutet wurde, nicht zuletzt als Werkstatttüre. Wir erkennen darin aber ein Gerüst, welches dazu diente, die Statue während der Arbeitsvorgänge zu sichern²⁷.

In Demetrias wurde dagegen nur der Rest eines Sockels gefunden, der nahe der NW-Ecke im Peristyl angelegt war und mit großer Wahrscheinlichkeit der Montage der Reitergruppe diente²⁸. Es dürfte damit ziemlich klar sein, dass der Raum zwischen den beiden Gruben und dem Sockel den Arbeiten an den Rohgüssen vorbehalten war. Für die Montage selbst müssen wir eine Art Kran oder zumindest einen Dreifuß annehmen, mit dessen Hilfe die Teilgüsse in die richtige Position gebracht wurden. Eventuell ließ sich auch die Dachkonstruktion nutzen, zumal wir nicht wissen, ob die Arbeit der Werkstatt nicht zu einem Zeitpunkt stattfand, als der Palast zumindest teilweise zerstört war.

Das Zusammenfügen der einzelnen Teilgüsse und das Glätten der Oberfläche nahmen sicher einen längeren Zeitraum ein, doch lässt sich von den konkreten Arbeitsabläufen aus den historischen Befunden keine Vorstellung gewinnen. Röntgenbilder von Nahtstellen zeigen, dass wir es z. T. mit breiten Nähten zu tun haben; Metallanalysen ergaben für die Verbindungsstelle eine ovale Vertiefung, welche dazu diente, dem Lot



Abb. 21: Nachguss des sog. Ganswürgers. Aachen, Gießerei-Institut.



Abb. 22: Erzgießereischale, Kriegerstatue. Berlin, Antikensammlung.

²⁷ Berlin, Antikensammlung F 2294. – Scholl – Platz-Horster 2007, 68 Nr. 34.

²⁸ Auf dem Plan Abb. 5 die Nr. 15.

eine breitere Auflagefläche zu bieten. Wir sehen daran, dass zumindest im 5. Jh. v. Chr. die sichere Verbindung von Teilgüssen ein Problem darstellte, welches sich nur durch ausgeklügelte Techniken lösen ließ.

An dieser Stelle setzte die bislang als Letzte abgeschlossene der gemeinsamen Versuchsreihen mit dem Gießerei-Institut in Aachen an²⁹. Erste Überlegungen und Simulationen ergaben sehr rasch, dass die Schwierigkeiten der Wärmeableitung und der frühzeitigen Erstarrung der Schmelze größer waren als angenommen, zumal es bei der fortschreitenden Arbeit an einer großen Statue nicht möglich war, die zu verbindenden Teilgüsse entscheidend zu erhitzen.

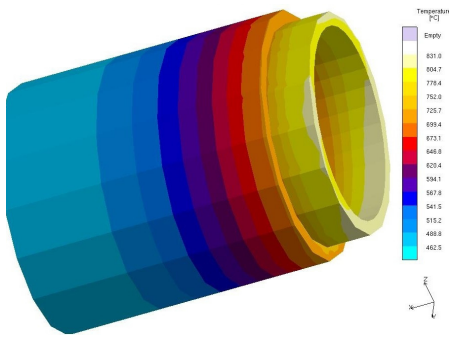


Abb. 23: Numerische Darstellung der Wärmeverteilung nach einem Guss.

Dies zeigte sich ganz gut bei einer rechnerischen Simulation, die als Vorbereitung der praktischen Versuche erstellt wurde (Abb. 23). Die Rechnungen ergaben, dass am Ende des Formfüllungsvorganges der Technik ‚a vaschetta‘ der Bereich des möglichen Wiederaufschmelzens in etwa erreicht wurde, doch ergab der danach erfolgte praktische Versuch, dass die Oberflächen der zu verbindenden Teile nur partiell aufgeschmolzen waren. Die Festigkeit der Verbindung wäre zwar für eine Aufstellung

im Freien ausreichend gewesen, aber streng genommen kann man dabei nur von einer Lötverbindung sprechen.

Es blieb daher nichts anderes übrig, als die Wärmeableitung durch eine größere Materialmenge auszugleichen. Das hatte zur Folge, dass an den Verbindungsstellen wie auch immer geartete Wülste stehen blieben, deren Beseitigung große Anstrengungen erforderte. Erzielt wurde dabei aber eine echte Schweißverbindung, die bei einem Zugversuch eine maximale Belastung von 28 kN aushielt.

Dazu kamen noch kleine Feinheiten der Aachener Gießer, wie die Anbringung von Löchern, in die dann die Schmelze dringen konnte (Abb. 24). Solche Tricks können wir an den antiken Befunden leider nicht nachweisen, weil es dafür keine Untersuchungsmethoden gibt, doch müssen wir im Analogieschluss annehmen, dass es derartige werkstattabhängige Techniken und Feinheiten auch in der Antike gegeben haben muss.

Prüfen wir die technischen Ergebnisse unseres Projektes auf ihre Wirkung hinsichtlich des ‚leeren‘ Raumes im Anaktoron von Demetrias, so werden wir die

²⁹ Zimmer u. a. 2011.



Abb.24: Versuchsanordnung zur Verbindung einer Hand mit dem Arm.

Schweißarbeiten im Nordflügel des Peristyls lokalisieren, nicht zuletzt deshalb, weil für diese die Schmelztiegel immer wieder benötigt wurden. Diese ‚Schmelzanlage‘ lag ja zwangsläufig in der nordöstlichen Hofecke. Wenn wir nach den Erkenntnissen der letzten Versuchsreihen davon ausgehen, dass die Kaltarbeit, d. h. das Abarbeiten der Gussüberstände viel Zeit in Anspruch nahm und außerdem mehrere Verbindungen gleichzeitig bearbeitet werden mussten, dann ist es gut möglich, dass solche Tätigkeiten wie die Glättung von zwei Armen, an die die Hände angesetzt waren, auch noch im Westflügel des Peristyls ausgeführt worden sind.

Je nach der Qualität der Bronzen müssen auch Arbeiten ausgeführt worden sein, die wir im Werkstattbefund kaum nachweisen können. So wurden z. B. die Augen meist aus Stein und Glasfluss geformt und dann zusammen mit den Lidblechen eingesetzt. Diese Arbeiten waren so spezialisiert, dass wir in späthellenistischer Zeit den Begriff des *oculararius* kennen. Diese Feinarbeiten fanden vielleicht in einem Raum statt, der vom Peristyl her betreten werden konnte und sich auch dazu eignete, wertvollere Rohstoffe wie Gold oder Silber aufzubewahren, die vielleicht für Einlegearbeiten nötig waren und vor Diebstahl gesichert werden mussten (Abb.25).



Abb. 25: Rekonstruktionszeichnung des Anaktoron in Demetrias.

Wir sehen also, dass der leere Raum im östlichen Peristyl des Anaktoron von Demetrias im Zeitraum von zwei bis drei Jahren nicht wirklich leer war, sondern Platz für verschiedene Arbeitsvorgänge geboten hat. Wir können im Einzelnen allerdings nur spekulieren und aus den komplexen Arbeitsvorgängen Rückschlüsse ziehen. Natürlich herrschte nicht zu allen Zeiten gleich viel Betrieb, es gab Zeiten der Hochspannung, etwa wenn die Formen in den Gruben ausgebrannt und fast gleichzeitig 15 Tiegel mit der Schmelze vorbereitet werden mussten. Daneben gab es aber auch beschauliche Tage, wenn Arbeitsgruppen Teile zusammenschweißten oder die Überstände abmeißelten. Meine zwangsläufig kurze Beschreibung der Arbeitsschritte zeigt aber auch, dass wir mit einer hohen Fluktuation von Arbeitskräften zu rechnen haben und mit unterschiedlichen Qualifikationen. Der Kern der Truppe bestand wohl aus wenigen Leuten, dem Meister, der für das Material zuständig war, einem Former und einem oder zwei Gesellen. Alle anderen konnten für die jeweiligen Arbeiten zugemietet werden, so wie ja in der Bauinschrift für Athena Promachos auch Gelder für die hinzugemieteten Arbeiter erwähnt sind (μισθὸς τῶν προσμισθοθέντων)³⁰.

Die Werkstatt in Demetrias mit ihren großen ‚leeren‘ Flächen ist freilich kein Einzelfall, sondern wir kennen das Problem auch von anderen Fundorten, so z. B. der Werkstatt am Südabhang der Akropolis, bei der die vielen freien Flächen der Forschung lange Zeit Rätsel aufgegeben haben. Hinzu kommt ein Faktum, das wir auch erst durch unsere Experimente verstehen gelernt haben: Nach dem Ende der Arbeiten durchsuchten die Gießer selbst oder andere Leute die Werkstattreste nach Brauchbarem. So waren z. B. die getrockneten Lehmziegel durch den langen Brand zu harten Ziegeln geworden, die sich sehr gut zum Bauen verwenden ließen. In der Grube selbst blieben in der Regel noch reichliche Mengen von Holzkohle übrig, die rasch Abnehmer fanden. Wir können auch sicher sein, dass Metallreste aufgelesen wurden, bevor dann der wirklich nicht mehr verwertbare Abfall in die Gruben gekehrt wurde. Diese nachhaltige Arbeitspraxis ist mit ein Grund, warum wir bei den Grabungen so wenig Hinweise finden und uns erst allmählich eine Vorstellung von der handwerklichen Realität bilden können. Wir hoffen, auf diesem Wege zum Verständnis antiker Lebenswirklichkeit ein wenig beizutragen.

Literaturverzeichnis:

Beazley, John (1968): Attic red-figure vase-painters, Oxford.

— (1971): Paralipomena. Additions to ‘Attic Black-figure Vase-painters’ and ‘Attic Red-figure Vase-painters’, Oxford.

³⁰ IG I³,472. Lundgreen 1997.

- Bergemann, Johannes (1990): Römische Reiterstatuen. Ehrendenkmäler in öffentlichen Bereichen, Mainz.
- Galliazzo, Vittorio (1981): I cavalli de San Marco. Una quadriga greca o romana?, Treviso.
- Greco, Gabriella (Hg.) (1987): Bronzi dorati da Cartoceto: un restauro, Florenz.
- Hackländer, Nele (1997): Experimente zur Brenntechnik in einer Gußgrube, in: Zimmer, Gerhard; Hackländer, Nele (Hgg.): Der betende Knabe. Original und Experiment, Berlin, 93–98.
- Kunze, Christian (2002): Zum Greifen nah. Stilphänomene in der hellenistischen Skulptur und ihre inhaltliche Interpretation, München.
- Lundgreen, Birte (1997): A methodological enquiry: The great bronze Athena by Pheidias, in: JHS 117, 190–197.
- Marzloff, Peter (1994): Développement urbanistique de Démétrias, in: La Thessalie. Quinze années de recherches archéologiques, 1975–1990. Bilans et perspectives. Actes du Colloque International Lyon 17–22 avril 1990, Athen, 57–70.
- Russack, Hans Hermann (1942): Deutsche bauen in Athen, Berlin.
- Scholl, Andreas; Platz-Horster, Gertrud (Hgg.) (2007): Die Antikensammlung. Altes Museum | Pergamonmuseum. Staatliche Museen zu Berlin, Mainz (3. vollständig überarb. u. erw. Aufl.).
- Turczynski, Emanuel (1999): Athener Bauten aus der Zeit König Ottos, in: Baumstark, Reinhold (Hg.): Das neue Hellas. Griechen und Bayern zur Zeit Ludwigs I., München, 58–61.
- Vaccaro, Alessandra; Sommella, Anna Mura (Hgg.) (1989): Marco Aurelio. Storia di un monumento e del suo restauro, Mailand.
- Vaccaro, Alessandra; Micheli, Mario; Vidale, Massimo (2003): I bronzi di Riace: restauro come conoscenza, Rom.
- Völling, Thomas; Zimmer, Gerhard (1995): Bewegliche Tiegel. Ein Neufund in Olympia, in: AA, 661–666.
- Wirth, Monika; Ellerbrok, Rainer; Ratka, Markus; Sahn, Peter R. (1997): Untersuchungen zu antiken Formmaterialien und -aufbautechniken, in: Zimmer, Gerhard; Hackländer, Nele (Hgg.): Der betende Knabe. Original und Experiment, Berlin, 81–91.
- Wolbring, Barbara (2000): Krupp und die Öffentlichkeit im 19. Jahrhundert, München.
- Zimmer, Gerhard (1982a): Der Schmied in der Schale, in: Jahrbuch der Berliner Museen 24, 5–15.
- (1982b): Antike Werkstattbilder, Berlin.
- (1990): Griechische Bronzeußwerkstätten, Mainz.

- (2003): Hellenistische Bronzegusswerkstätten in Demetrias, in: *Demetrias* 6, 9–68.
- (2006): Die Suche nach dem Schmelzriegel – ein deutsches Problem? in: Dostert, Astrid; Lang, Franziska (Hgg.): *Mittel und Wege. Zur Bedeutung von Material und Technik in der Archäologie, Möhnesee*, 23–36.
- (2012): *Die Farbe des Metalls. Möglichkeiten der Farbgestaltung bei Großbronzen* (im Druck).
- Zimmer, Gerhard; Bairami, Kalliopi (2008): *Rhodiaka ergastiria chalkoplastikis*, Athen.
- Zimmer, Gerhard; Hackländer, Nele (1997) (Hgg.): *Der betende Knabe. Original und Experiment*, Berlin.
- Zimmer, Gerhard; Schneider, Gerold (1984/86): Technische Keramik aus antiken Bronzegußwerkstätten in Olympia und Athen, in: *Berliner Beiträge zur Archäometrie* 9, 17–60.
- Zimmer, Gerhard; Wirth, Monika; Ellerbrok, Rainer; Bührig-Polaczek, Andreas (2011): Stückungstechnik griechischer Bronzestatuen – Kunst und technischer Fortschritt, in: *Gießerei. Die Zeitschrift für Technik, Innovation und Management* 6, 264–273.

Bildnachweis:

Abb. 1: G. Zimmer – Abb. 2: I. Geske – Abb. 3: W.Jo Brunner – Abb. 4: W.Jo Brunner – Abb. 5: P. Marzollff – Abb. 6: J. Laurentius – Abb. 7: G. Zimmer – Abb. 8: I. Geske – Abb. 9: G. Zimmer – Abb. 10: I. Geske – Abb. 11: G. Zimmer – Abb. 12: G. Zimmer – Abb. 13: G. Zimmer – Abb. 14: G. Zimmer – Abb. 15: I. Geske – Abb. 16: G. Zimmer – Abb. 17: G. Zimmer – Abb. 18: G. Zimmer – Abb. 19: Unbekannt – Abb. 20: Gießerei-Institut – Abb. 21: Gießerei-Institut – Abb. 22: I. Geske – Abb. 23: Gießerei-Institut – Abb. 24: Gießerei-Institut – Abb. 25: P. Marzollff.