



MARTIN FITZENREITER

## DIE HERSTELLUNG EINER BRONZEREPLIK DER STATUETTE VON HAMADAB

### EINLEITUNG

In Absprache mit dem Grabungsleiter und dem Restaurator sowie mit Erlaubnis der Sudanesischen Altertümerbehörde wurden in der Kunstgiesserei Flierl / Berlin zehn Repliken der Statuette angefertigt. Diese Repliken wurden der Ausgrabung zur Verfügung gestellt, um sie bei der Einwerbung von Mittel für die Fortführung der Grabung einzusetzen.<sup>1)</sup>

Der Herstellung der Repliken war die sorgfältige restauratorische Behandlung der Statuette vorangegangen. Dadurch waren einerseits alle Feinheiten der Modellierung und der Ziselierung der Statuette freigelegt, andererseits war die Statuette durch konservatorische Maßnahmen in einen Zustand versetzt worden, der es rechtfertigte, sie den Belastungen einer Abformung zu unterwerfen. Der Überzug der Statuette mit einem Spezialwachs durch den Restaurator konnte bei der Abformung zugleich als Trennmittel genutzt werden, so daß Eingriffe an der Oberfläche der Statuette seitens der Gießerei nicht nötig waren. Es wurde nur eine abschließende Reinigung mit destilliertem Wasser durchgeführt.

### BRONZEGUSS IM WACHSAUSSCHMELZVERFAHREN

#### Formbau

Der erste Schritt bei der Herstellung der Replik war die Abformung des Originals. Dazu wurde, wie in der modernen Abformtechnik allgemein üblich, eine Silikonkautschukform hergestellt. Die einfache Form der Statuette erlaubte es, eine zweiteilige Form anzufertigen. Dabei wird das Objekt im ersten Arbeitsschritt bis zu einer gedachten Mittellinie in Ton eingebettet. Das Tonbett markiert eine Fläche, über der sich möglichst keine Unterschneidungen im Modell mehr befinden sollen, um ein problemloses Ablösen der Formhälften vom Original und später auch von den Wachsmodellen zu ermöglichen.

Außerdem werden im Tonbett die Schlösser angelegt, die ein versatzfreies Aufeinanderliegen der Formhälften gewährleisten, und ein Kanal angelegt, durch den Wachs in die Form gegossen werden kann (Abb. 1).

Im nächsten Arbeitsschritt wird die erste Formhälfte aufgebaut. Dazu wird das Original mit einer dünnen Schicht Fließkautschuk übergossen, das bis in die kleinsten Details der Modellierung eindringt (Abb. 2). Anschließend wird eine etwas dickere Schicht Kautschuk aufgespachtelt. Um die Stabilität der Form zu erhöhen, wird zuletzt eine Gipskappe über die Kautschukschicht gelegt.

Im zweiten Arbeitsgang wird das eingebettete Original gewendet. Anschließend wird das Tonbett entfernt. Das Original liegt nun mit der Vorderseite eingebettet in der ersten Formhälfte. Über dieser ersten Formhälfte wird die zweite in derselben Art und Weise aufgebaut.



Abb. 1: Das in Ton eingebettete Original beim Abformen.

1) Besonderer Dank gebührt Marco Flierl, der bereit war, die Repliken kostenfrei in seiner Gießerei herzustellen. Die Abform- und Ziselierarbeiten wurden von Martin Fitzenteiler durchgeführt. Wertvolle Hilfe leistete Peter Kolbe.



Abb. 2: Aufbringen der ersten Schicht Silikonkautschuk beim Abformen.

Nach dem Aushärten des Silikonkautschuks kann die Form geöffnet und das Original entnommen werden (Abb. 3). Zur weiteren Arbeit wird nur noch die Kautschukform benötigt, aus der – bei sorgsamer Behandlung – eine größere Anzahl von Wachsmodellen gewonnen werden kann.



Abb. 3: Die geöffnete Silikonkautschukform mit dem entnommenen Original.

#### Herstellung der Wachsmodelle und des Eingußsystems

Zur Herstellung der eigentlichen Gußform wird ein Wachsmodell benötigt. Dazu werden die Hälften der Kautschukform mit heißem Wachs ausgepinselt; anschließend wird die zusammengelegte Form mit flüssigem Wachs ausgegossen. Das nach dem Erkalten entnehmbare Wachsmodell muß an den Formnähten leicht überarbeitet werden. Im Kunstguß ist es üblich, daß der Künstler am Wachsmodell letzte Retuschen oder Veränderungen vornimmt, was in diesem Fall natürlich nicht möglich war.

Ebenfalls in Wachs werden Kanäle an das Modell angesetzt, durch die beim Guß die Bronze einfließen soll, sowie eine Ableitung für die beim Guß schlagartig aus der Form entweichende Luft. Bei der Herstellung von Serien, wie hier im Fall der Repliken, können mehrere Objekte mit einem gemeinsamen Eingußsystem versehen werden (Abb. 4).



Abb. 4: Je drei Wachsmodelle werden mit einem gemeinsamen Einguß- und Abluftsystem versehen.



### *Einformen und Guß*

Im nächsten Arbeitsschritt wird das Wachsmodell in eine feuerfeste Masse eingebettet. Diese Masse muß einerseits so fein sein, daß sie auch noch die feinsten Details der Wachsoberfläche abformt (z.B. Fingerabdrücke), andererseits muß sie hitze- und druckbeständig sein, um die Belastungen des Gießvorganges auszuhalten. Im Prinzip bieten sich zwei Einformverfahren an, die diese Anforderungen erfüllen. Weit verbreitet ist das Umgießen des Wachsmodells mit einem Gips-Schamotte-Gemisch. In der Kunstgieserei Flierl wird das Keramikschalen-Verfahren (shell-casting) angewandt, bei dem die Form schrittweise um das Wachsmodell in einer keramischen Masse aufgebaut wird. Jeweils nach dem Aushärten einer Schicht kann die nächste aufgesprüht bzw. durch Tauchen in ein Becken mit Formmasse aufgetragen werden, bis ein Mantel von hinreichender Stärke entsteht. Nach der Hälfte der aufzutragenden Schichten wird zusätzlich ein Drahtgeflecht eingebracht, das die Form stabilisiert.

Nach Abschluß der Einformung wird die Form im Bereich des vorgesehenen Eingusses geöffnet und erhitzt. Durch die Erhitzung verflüssigt sich das enthaltene Wachs und läuft aus der Form. Wachsrückstände werden ausgebrannt. Die so entstandene Negativform wird im Glühofen keramisch hart gebrannt und ist nun in der Lage, dem Gießdruck standzuhalten (Abb. 5).



Abb. 5: Die ausgebrannten Gußformen.



Abb. 6: Entnahme der heißen Gußformen aus dem Glühofen.

Zum eigentlichen Guß wird die Form noch einmal erhitzt, damit das Metall beim Einfließen nicht zu schnell erkaltet (Abb. 6). Der Gießvorgang selbst dauert nur wenige Minuten und wird bei kleinen Objekten, wie den Repliken der Bronzestatue von Hamadab, mit der Kelle durchgeführt, bei größeren Objekten wird direkt aus dem Schmelztigel gegossen (Farbb. 1, siehe Innentitel). Das im Keramikschalen-Verfahren übliche Gießverfahren ist der fallende Guß, d.h. die Schmelze dringt von oben „fallend“ in die Form ein. Als zweites Gießverfahren ist der steigende Guß bekannt, bei dem die Schmelze durch einen Eingußkanal zuerst am Gußstück vorbei nach unten fließt, dort in das Gußstück gelangt und dieses von unten her „steigend“ ausfüllt. Das Herausschießen des flüssigen Metalls aus den Luftkanälen (auch Pfeifen genannt) zeigt in beiden Verfahren an, daß die Form gefüllt ist.

### *Freilegen, Ziselieren, Patinieren*

Nach Erkaltung des Metalls wird die Form wie eine Eierschale zerschlagen und das Gußstück freigelegt (Abb. 7). Diesem Vorgang verdankt das Gießverfahren auch die Bezeichnung „Guß in der verlorenen Form“, da jede Gußform nur einmal verwendet werden kann – im Gegensatz etwa zum Guß in Gießmodellen, die mehreren Güssen standhalten. Vom Gußstück müssen nun die Eingußkanäle und die Luftkanäle entfernt werden. Die Stellen, an denen



Abb. 7: Freilegen der Rohgüsse. Erkennbar ist der Armierungsdraht, der zur Stabilisierung beim Formenaufbau eingeflochten wurde.

diese Kanäle am Objekt hafteten, werden überarbeitet, ebenso werden eventuelle Gußfehler behoben (Abb. 8). Ist eine weitere Bearbeitung des Gußstückes vorgesehen, z.B. das Eingravieren von Mustern, Polieren der Oberfläche etc., kann dieses durch den Ziseleur vorgenommen werden. Anschließend wird die Bronze mit Chemikalien behandelt, die eine Färbung des Kupferanteils in der Legierung in die beiden Hauptrichtungen Grün oder Braun bewirken. Auf diese Weise wird eine künstliche, die Oberfläche versiegelnde Patina hergestellt, deren Farbton den

Intentionen des Künstlers bzw. im Fall der Replik dem des Originals entspricht. Abschließend wird der fertige Guß mit einer dünnen Wachsschicht versiegelt. Seine endgültige Oberfläche erhält ein Bronze-guß aber erst nach einiger Zeit, wobei häufiges Berühren sich sehr positiv auf den Glanz des Metalls auswirkt, während unbeachtete Bronzen oft einen stumpfen, toten Ton annehmen.

#### DAS GUSSVERFAHREN IN DER ANTIKE

##### *Das Wachsmodell*

Das hier beschriebene Gußverfahren entspricht im wesentlichen dem, das auch in der Antike für den Bronze-guß üblich war und in dem mit einiger Sicherheit auch das Original der Statuette hergestellt wurde. Neben dem Guß einfacher Objekte wie Pfeilspitzen, Axt- und Messerklingen oder flacher Anhänger in Modeln (mehrfach verwendbaren Negativformen aus feuerfestem Material) ist der Guß im Wachs-ausschmelzverfahren eine der ältesten Gußtechniken der Welt. Der Ursprung dieses genial einfachen, aber doch sehr komplexe Handlungsvorgänge voraussetzenden Verfahrens ist ungewiß. Bereits sehr frühe Funde in China, Mesopotamien und Ägypten zeigen seine Beherrschung und in ganz ursprünglicher Ausprägung wird es auch heute noch z.B. in Westafrika und in Indien praktiziert<sup>2)</sup>. Auch die technisch etwas aufwendigere Realisierung wie in der Kunstgiesserei Fliert ist prinzipiell dieselbe wie die der Kunsthandwerker im antiken Meroe.

2) Für Afrika siehe z.B. Till Förster, Glänzend wie Gold, Gelbguß bei den Senufo Elfenbeinküste, Veröffentlichungen des Museums für Völkerkunde Berlin, Abteilung Afrika, IX, Berlin, 1987

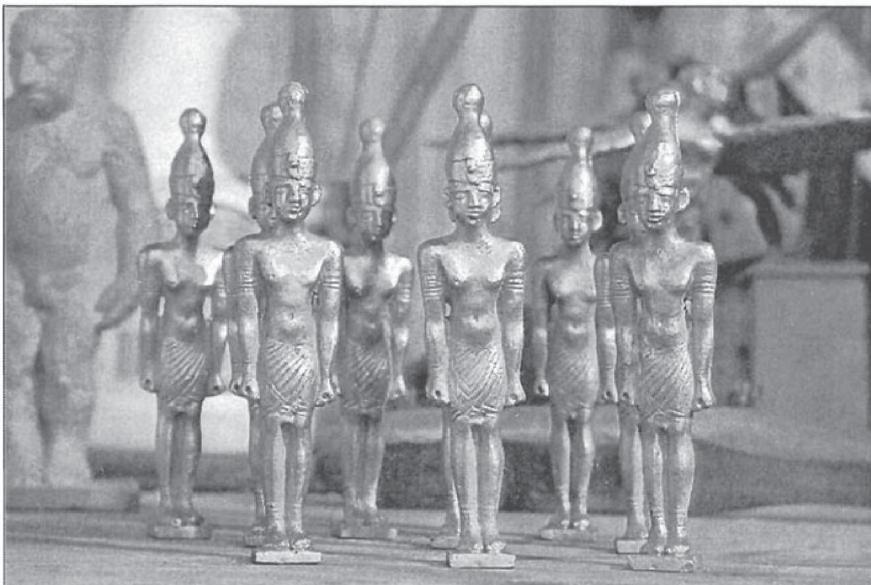


Abb. 8: Fertig bearbeitete Gußstücke.



Üblicherweise wurde und wird gelegentlich auch noch heute beim Wachsauerschmelzverfahren das Gußmodell direkt in Wachs modelliert. Anstelle von Wachs können auch andere, bei Hitze zu verflüssigende Materialien wie Fette o.ä. Verwendung finden. Aber auch organische Materialien - Stoff, Stricke, Holz oder sogar Tierkörper - können nach diesem Verfahren abgegossen werden, solange die Materialien möglichst rückstandsfrei verbrennen (Asche kann aus der Gußform geschüttelt werden). Das eingeformte Modell stellt bei diesem Verfahren immer ein Unikat dar, das durch den Gießvorgang unwiederbringlich verloren geht. D.h. auch, daß bei einem Fehlguß kein Ersatz möglich ist. Durch das Abformen eines Urmodelles kann dieser Gefahr begegnet werden. Durch die oft aufwendige Nachbearbeitung am Wachsmo- dell wird aber prinzipiell auch in diesem Fall jedes Modell zu einem Unikat.

Während heute vor allem Silikonkautschukformen zur Herstellung von Wachsmo- dellern Verwendung finden, wurden in der Antike Gipsteilformen oder -modeln verwendet. Aus Ägypten ist belegt, daß Einzelteile von Statuetten in Wachs aus Modellen gewonnen und dann moniert wurden (Gliedermaßen, Ohren, Köpfe, Kronen, weitere Attribute).<sup>3)</sup> Je nachdem, wie (un)sorgfältig der Modelleur dabei vorging, sind Spuren der Montage gelegentlich heute noch erkennbar. Prinzipiell könnte ein solches Verfahren auch bei der Statuette aus Hamadab angewandt worden sein, die in ihrer Größe ägyptischen Beispielen entspricht. Allerdings sprechen die sehr sorgfältige Oberflächenmodellierung und die geschlossene Gesamtform gegen eine Assemblage von Einzelteilen. Die Statuette wird auf einen einmaligen Modellervorgang durch einen Künstler zurückzuführen sein.<sup>4)</sup>

### *Einformung und Guß*

Gußtechnisch stellt die Statuette von Hamadab keine allzugroßen Anforderungen, so daß davon ausgegangen werden kann, daß sie ebenfalls im fallenden Guß durch einen einfachen Einguß an der Krone

oder an den Füßen gegossen wurde. Spuren davon sind durch die sorgfältige Kaltarbeit nicht erkennbar, ebenso wenig solche eines Abluftkanals, auf den bei dieser einfachen Gußform beim Einzelguß im Fall einer gut gemagerten Formmasse (s.u.) jedoch auch verzichtet werden kann.

In der Antike (und in modernen Beispielen aus Afrika und Indien) ist ein Verfahren der Einformung üblich, das weitgehend dem oben beschriebenen Keramischalen-Verfahren entspricht. Der Gießer trägt auf das zum Guß vorbereitete Wachsmo- dell schichtenweise einen Tonmantel auf, wobei er für die erste Schicht sehr feinen Schlicker verwendet, für die äußeren Schichten aber immer gröberes Material, das stark mit organischen Bestandteilen gemagert ist. Diese Magerung ist wichtig, damit die Form eine gewisse Gasdurchlässigkeit behält. Beim Gießvorgang entweichen nicht alle Gase durch das Abluftsystem, sondern müssen auch durch die Wand der Gußform austreten können; ist das nicht möglich, zerplatzt die Form. Bei schlecht gemagerten Formen treten außerdem bereits beim Brennvorgang Risse auf.<sup>5)</sup>

Ausbrennen des Wachses und Brennen der Form wurden auch in der Antike in derselben Weise durchgeführt wie im modernen Kunstguß, wobei immer das Problem besteht, daß in holzarmen Gegenden wie dem unteren Niltal genug Brennmaterial für eine gleichmäßige Feuerung vorhanden sein mußte. Das trifft auch für den Schmelzvorgang der Metallegierung zu.<sup>6)</sup>

Die verwendeten Legierungen bestehen im Bronze- guß immer zu einem hohen Prozentsatz (ca. 80-97 %) aus Kupfer. Als weiterer Bestandteil ist Zinn üblich (4-10 %, beim Glockenguß bis zu über 20 %), dazu treten Verunreinigungen z.B. mit Arsen, Blei, Eisen etc. auf. Diese Verunreinigungen können beabsichtigt sein, da der Zusatz von geringen Mengen von z.B. Arsen, Phosphor und Blei im Moment

3) Günther Roeder, *Ägyptische Bronzefiguren*, Mitteilungen aus der ägyptischen Sammlung VI, Berlin, 1956, 522f.

4) Da wir noch zu wenig über die Organisation künstlerischer Werkstätten im antiken Niltal wissen, ist nicht sicher, ob es sich bei dem Modelleur auch um den Gießer und Ziseleur handelte, oder ob mehrere Personen in einer Werkstatt zusammenarbeiteten (dazu Roeder, *Bronzefiguren*, 515). In rezenten afrikanischen Gießereien hat der Meister zwar Gehilfen, führt aber die wesentlichen Arbeitsgänge bei der Modellherstellung und auch bei der Fertigstellung des Metallobjektes selbst durch (siehe Förster, *Glänzend wie Gold*, 138-165).

5) Beschreibung des Verfahrens mit Belegen von Formresten aus dem alten Ägypten bei Roeder, *Bronzefiguren*, 525-527, für das antike Griechenland: Gerhard Zimmer, *Griechische Bronze- gußwerkstätten*. Zur Technologieentwicklung eines antiken Kunsthandwerkes, Mainz, 1990, 133-139.

6) Oft wird angenommen, daß für die Herstellung von Bronze- güssen sehr aufwendige Werkstätten notwendig wären. Im Fall von Großbronzen trifft das sicher zu, wobei z.B. auch im antiken Griechenland zu beobachten ist, daß die Gießer ihre Werkstätten mobil an den Orten einrichteten, an denen Bronze- güsse hergestellt wurden (Zimmer, *Bronzewerkstätten*, 156). Ethnoarchäologische Untersuchungen zeigen aber, daß zumindest für die Herstellung von Kleinbronzen nur sehr beschränkte technische Einrichtungen notwendig sind: Ein Platz für die Einformung, eine Schmiedefeu- er für das Ausbrennen / Glühen der Form und das Schmelzen des Metalls (Förster, *Glänzend wie Gold*, 138-164).



des Gußvorganges die Schmelze dünnflüssiger macht. In der Realität ist der Großteil solcher Verunreinigungen aber sicher auf sich natürlich ergebende Verunreinigungen im Ausgangsmaterial und auf das permanente Wiedereinschmelzen vorhandener Metallbestände zurückzuführen. In einigen Fällen kann aber das Zinn in der Bronze ganz durch andere Stoffe (z.B. Arsen) ersetzt worden sein.<sup>7)</sup> Moderne Kunstgußlegierungen, wie auch die, in der die Replik hergestellt wurde, bestehen z.B. aus Kupfer und Silizium (Siliziumbronze).<sup>8)</sup>

Aus der Dimension antiker Gußstücke läßt sich schließen, daß nur in Ausnahmefällen sehr große Mengen Metall gleichzeitig geschmolzen wurden. Die Kompliziertheit des Schmelzens und Vergießens großer Metallmengen und auch die Gefahr des Fehlgusses ließen es ratsam erscheinen, Metallobjekte entweder klein zu halten oder aus mehreren Elementen zu montieren.<sup>9)</sup> Objekte von der Größe der Statuette von Hamadab boten sich natürlich für den Guß in einem Stück an. Auch ließen sie sich problemlos im Vollguß realisieren. Bei größeren Objekten ist der Vollguß jedoch nicht möglich bzw. ratsam. Abgesehen von der Materialverschwendung haben Bronzelegierungen nämlich die Eigenschaft, beim Erkalten stark zu schwinden (ca. 3 %). Bei gleichmäßiger Wandstärke ist die Schwindung für alle Bereiche des Objektes in etwa konstant und stört den Eindruck nicht.<sup>10)</sup> Bei stark differierenden Wandstärken oder überhaupt zu massiven Körpern

kommt es aber zu ungleichmäßigen und nicht bzw. nur schwer kontrollierbaren<sup>11)</sup> Schwindungsprozessen beim Abkühlen des Metalls. Um dem zu entgegen, werden größere Gußstücke hohl gegossen.

### *Ziselierung und Oberflächengestaltung*

Im antiken Bronzeguß und bis in die frühe Neuzeit stellte das Gußstück einen Rohling dar, der durch aufwendige Kaltarbeit erst zum endgültigen Bronzeobjekt gestaltet wurde. Dazu gehörte bei qualitätvollen Stücken neben der völligen Überschleifung und Nachmodellierung der Oberfläche die Gravierung feiner Details, das Einlegen von Schmuckelementen, Augen, Haaren und Wimpern, Lippen, Brustwarzen etc. durch anderes Material und abschließend die Farbgebung der Oberfläche durch Patinierung oder sogar Vergoldung. Bei einem so sorgfältig gearbeiteten Stück wie der Statuette von Hamadab ist ein Durchschleifen der Oberfläche sicher anzunehmen. Die feinen Ziselierungen des Schurzes, am Halskragen, den Arm- und Fußreifen, im Gesicht und an der Krone waren wahrscheinlich im Wachsmodell bereits angelegt und wurden im Rahmen der Kaltarbeit nachgezogen. Welche Farbgebung die Statuette ursprünglich besaß, ist nicht sicher zu bestimmen.

Bei der Herstellung der Replik konnten derart umfassende Eingriffe in die Gußoberfläche nicht vorgenommen werden. Die Replik gibt also den Zustand des Fundobjektes genau wieder, einschließlich eines vom Restaurator absichtlich belassenen Streifens der Korrosionsschicht auf der Rückseite im Bereich der linken Kniekehle und einer durch die starke Korrosion in diesem Bereich etwas unklaren Partie zur Linken des Uräus an der Krone. Die Statuette war ursprünglich wahrscheinlich ohne Grundplatte gegossen; bei der Replik wurde sich darauf geeinigt, diese Grundplatte in einem Stück mitzugießen.

7) Deshalb wird in der englischsprachigen Literatur auch der Begriff „copper alloy“ gegenüber dem zu sehr mit der Assoziation „Zinnbronze“ versehenen Begriff „bronze“ bevorzugt. Im Deutschen ist es nur üblich, bei einem Kupfer-Zink-Gemisch von „Messing“ zu sprechen, alle anderen Kupferlegierungen werden gewöhnlich als „(Blei-/Arsen-/Zinn-)Bronze“ bezeichnet. Zu Bestandteilen von Bronzelegierungen von der Antike bis in die frühe Neuzeit siehe Josef Riederer, Die Geschichte des Bronzegusses, in: Peter Bloch (Hg.), Bronzen von der Antike bis zur Gegenwart, Ausstellungskatalog Berlin, Münster, Saarbrücken, Hannover, 1983, 277-290.

8) Die Metallanalyse der Legierungsnummer 1.12.002.00, Charge E.21566 vom Januar 2000 des Bronzelieferanten der Kunstgiesserei Flierl, Bernd Dümmig GmbH/Rastatt, gibt folgende Bestandteile der vergossenen Kunstgußlegierung: Cu 93,69; Ni 0,03; Sn 0,01; Pb 0,03; Zn 1,83; Fe 0,10; Sb 0,00; S 0,00; P 0,00; Mn 0,92; Si 3,37; Al 0,00. Da es sich hierbei um das reine Barrenmaterial handelt, ist davon auszugehen, daß die Schmelze beim Guß der Statuetten durch die Ergänzung mit Rücklauf noch eine leicht veränderte Zusammensetzung hatte.

9) Zimmer, Bronzewerkstätten, 14.

10) Auch die Replik ist - bedingt durch die Schwindung sowohl des Wachsmodelles in der Silikonform als auch des Bronzeabgusses - ca. 5 % kleiner und zarter als das Original.

11) Durch die Konstruktion des Eingußsystems, das Einbringen von Kühldrähten in das Gußstück u.ä. kann der Gießer die Schwindungsprozesse steuern.