

Martin Fitzenreiter, Frank Willer und Johannes Auenmüller

# Materialien einer Gusswerkstatt von der Qubbet el-Hawa



BONNER AEGYPTIACA

# Materialien einer Gusswerkstatt von der Qubbet el-Hawa

# Bonner Aegyptiaca

Martin Fitzenreiter, Frank Willer und Johannes Auenmüller

# Materialien einer Gusswerkstatt von der Qubbet el-Hawa

Mit Beiträgen von

*Dietmar Meinel*

*Roland Schwab*

*Ursula Baumer*

*Patrick Dietemann*

*Gerwulf Schneider*

*Ursula Tegtmeier*

*und*

*Thorsten Geisler-Wierwille*



EBVERLAG

Bibliografische Information  
der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek  
verzeichnet diese Publikation in  
der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische  
Daten sind im Internet über  
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Buch, einschließlich aller seiner  
Teile, ist urheberrechtlich geschützt.  
Vervielfältigungen, Übersetzungen,  
Mikroverfilmungen sowie die  
Einspeicherung und Verarbeitung in  
elektronischen Systemen bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung des Verlags.



Gedruckt mit Unterstützung der Fritz Thyssen Stiftung

Umschlag/Satz: Rainer Kuhl

Copyright ©: EB-Verlag Dr. Brandt  
Berlin 2016

ISBN: 978-3-86893-241-6

Internet: [www.ebverlag.de](http://www.ebverlag.de)  
E-Mail: [post@ebverlag.de](mailto:post@ebverlag.de)

E-BOOK-Version

# Inhaltsverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| Vorwort .....   | 7   |
| 1. Forschungsgeschichte .....   | 11  |
| <i>Martin Fitzenreiter</i>  |     |
| 2. Der archäologische Kontext des Konvoluts .....   | 23  |
| <i>Johannes Auenmüller</i>  |     |
| 3. Wachs- und Formmassen aus der Gusswerkstatt Qubbet el-Hawa –<br>Naturwissenschaftliche Analysen der organischen Materialien .....        | 53  |
| <i>Ursula Baumer und Patrick Dietemann</i>  |     |
| 4. Ein Modelstock aus Sykomorenholz .....   | 61  |
| <i>Ursula Tegtmeier</i>   |     |
| 5. Untersuchung von vier Dünnschliffen .....  | 66  |
| <i>Gerwulf Schneider</i>  |     |
| 6. Die Zusammensetzung und mögliche Herkunft der Gusslegierungen .....  | 71  |
| <i>Roland Schwab und Frank Willer</i>   |     |
| 7. Röntgen-Mikro-Computertomographie ( $\mu$ CT) –<br>Virtuelle Freilegung innenliegender Strukturen .....                                  | 82  |
| <i>Dietmar Meinel und Frank Willer</i>  |     |
| 8. Beobachtungen zu Technologie und Werkverfahren .....   | 118 |
| <i>Martin Fitzenreiter, Frank Willer und Johannes Auenmüller</i>  |     |
| 9. Beigabe, Werkstatt oder Depot? Deutungsansätze des Befundes .....  | 146 |
| <i>Martin Fitzenreiter</i>  |     |
| 10. Das Götterkind Harpokrates, 3D <i>Printing</i> und Bronzeguss –<br>Vom digitalen Datensatz zur ausgedruckten und gegossenen Figur ..... | 161 |
| <i>Johannes Auenmüller</i>  |     |
| 11. Objektkatalog .....   | 170 |
| <i>Johannes Auenmüller</i>  |     |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 12. Literatur .....             | 209 |
| 13. Abbildungsverzeichnis ..... | 240 |
| Tafeln .....                    | 255 |

## Vorwort

Zwischen 1959<sup>1</sup> und 1984 führte das Ägyptologische Seminar der Universität Bonn unter der Leitung von Elmar Edel (1914–1997) archäologische Arbeiten auf der Qubbet el-Hawa durch. An den Hängen dieses am Westufer des Nils gelegenen Plateaubabfalls der libyschen Wüste befinden sich die funerären Anlagen von hochstehenden Persönlichkeiten, die auf der wenig südlich gelegenen Nilinsel Elephantine in der dortigen Stadt lebten. Seit dem späten Alten Reich wurden auf der Qubbet el-Hawa Grabkapellen und -schächte in das Felsmassiv geschlagen. Im Neuen Reich wurde in diesem Nekropolenabschnitt die Anlage neuer Felskammern weitgehend eingestellt und es begann – anknüpfend an die schon Tradition der Neubelegung älterer Anlagen – eine intensive Phase der Zweitnutzung, in der man nun auch die funerären Kapellen selbst als Grablege nutzte. In diesen fanden sich so Dutzende von spätzeitlichen Bestattungen mit den für diese Zeit typischen Beigabenensembles.

Es war jedoch einigermaßen überraschend, als 1969 im Bereich der Grabanlage QH 207 eine größere Anzahl Artefakte geborgen werden konnte, die mit dem Bronzeguss im Wachsausschmelzverfahren in Verbindung stehen. Es handelt sich um Negativformen für die Herstellung von Wachsmodellen, die Wachsmodelle selbst, Fehlgüsse bzw. Bronzefragmente in Gussformen und um offenbar gar nicht zum Guss gelangte, d. h. leere Gussformen. Hinzu kommen einige weitere Objekte aus Bronze, Holz und Fayence, die nicht zum regulären Fundspektrum in funerären Anlagen zu zählen sind. Dieses Artefaktkonvolut ist für das Alte Ägypten bislang singulär. Es stellt aber auch für die Kenntnis antiker Gusstechniken überhaupt eine äußerst bedeutende Quelle dar. Ist es doch so, dass im Zuge des Wachsausschmelzverfahrens die notwendigen Zwischenstufen zerstört werden, weshalb man auch vom „Guss in verlorene Form“ spricht. Jedes Modell und jede Form ist ein Unikat und doch dazu verdammt, für das Endprodukt zu vergehen. Was hier erhalten blieb und geborgen wurde, soll und darf normalerweise nicht erhalten bleiben.

Da der Ausgräber und sein Team die Aufarbeitung dieses Sonder(be)fundes bereits vorangehtrieben hatten, konnte das Konvolut in der Abschlusspublikation der Edel'schen Grabungen in seinem kompletten Bestand vorgestellt werden.<sup>2</sup> Bedingt wohl durch den außergewöhnlichen Fundort und damit auch den Kontext der Publikation blieb es aber in der Fachwelt derer, die sich mit antiker Metalltechnik beschäftigen, weitgehend unbekannt. Daher entschlossen wir uns 2013, der ausführlichen Publikation und Diskussion dieser Befunde sowie der naturwissenschaftlichen Analyse der Objekte ein eigenes Projekt zu widmen. Wie viel dieses den Vorarbeiten der Erstpublikation verdankt, wird nur ermesen können, wer einmal mit der originalen Grabungsdokumentation gearbeitet hat, die erst von Karl-Joachim Seyfried und Gerd Vieler in ein handhabbares Archiv transformiert wurde. Das Projekt wurde durch das *Ägyptische Museum der Universität Bonn* mit dem Projektleiter Ludwig D. Morenz und dem Koordinator Martin Fitzenreiter in Kooperation mit dem *LVR-LandesMuseum Bonn/Abteilung Bestandspflege und Sammlungserschließung* mit dem Projektleiter Michael Schmauder und dem Koordinator Frank Willer initiiert. Über eine Förderung durch die *Fritz Thyssen Stiftung* konnte für die Dauer eines Jahres eine halbe Stelle für den Projektmitarbeiter

---

1 Es kursieren unterschiedliche Angaben – 1957, 1958, 1959 – über den Beginn der Arbeiten. Nach Seyfried 2005, 309, Anm. 1 wurden erste „Säuberungen“ in Felskapellen im Frühjahr 1959 durchgeführt. Siehe die ausführliche Rekonstruktion der Grabungschronologie in Edel/Seyfried/Vieler 2008, XX–XXIV.

2 Edel/Seyfried/Vieler 2008, 1869–1878.



Johannes Auenmüller eingerichtet werden. Ebenso wurden von der *Fritz Thyssen Stiftung* Mittel für Materialanalysen zur Verfügung gestellt, welche die *Abteilung für Ägyptologie der Universität Bonn* und das *LVR-LandesMuseum* durch Eigenmittel ergänzten.

Die so möglich gewordenen Materialanalysen wurden von folgenden Partnern durchgeführt:

- Für die Datenerhebung im MikroCT konnte die *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin* (BAM), Fachbereich 8.5 Mikro-ZfP, namentlich Dietmar Meinel, gewonnen werden.
- Metallproben inklusive Pb-Isotopie wurden am *Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie gGmbH Mannheim* unter der Leitung von Roland Schwab analysiert.
- Gerwulf Schneider (*FU Berlin, Exzellenzcluster TOPOI*) wurde mit der keramischen Analyse der Gussformen betraut.
- Die organischen Materialien (Wachs, Bitumen) wurden im *Doerner-Institut* (München) unter der Leitung von Ursula Baumer untersucht.
- Weiterhin wurden durch Thorsten Geisler-Wierwille vom *Steinmann Institut für Geologie, Mineralogie und Paläontologie der Universität Bonn* Untersuchungen organischer Materialien mit dem Raman-Spektrometer vorgenommen.
- Die Untersuchungen am Holz des Modelklotzes führte Ursula Tegtmeier, *Labor für Archäobotanik der Universität Köln* durch.

Allen Partnern möchten wir für die Mitarbeit danken. Besonders hervorzuheben ist das Engagement der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), vertreten durch Dietmar Meinel und Bernhard Illerhaus, sowie Ella Kunze und Gulia di Matteo, die im Rahmen ihrer Praktika an der BAM an der Auswertung und Visualisierung der Micro-CT-Daten mitgearbeitet haben. Ohne die bereits zu Projektbeginn mit großem Einsatz erstellten  $\mu$ CT-Messungen und ihre beeindruckende Visualisierung wäre es weder möglich gewesen, derart detaillierte Informationen über die antike Gusstechnologie zu erlangen, noch, eine so große Anzahl von Partnern von der Bedeutung des Vorhabens zu überzeugen. Aus den mittels  $\mu$ CT generierten Daten der Negativform QH 207/42 wurden von Dietmar Meinel und Johannes Auenmüller digitale Modelle erstellt, die in drei verschiedenen 3D-Druckverfahren (*Stadtbibliothek Köln, Firma Knauber Bonn, Rapidobject Leipzig*) zu dreidimensionalen Objekten ausgeformt wurden. Hier möchten wir besonders Christine Kern für die Möglichkeit danken, unseren ersten Harpokrates auf dem 3D-Drucker der Stadtbibliothek Köln ausdrucken zu können. Mit Hilfe eines dieser Modelle konnten in Zusammenarbeit mit der *Kunstgiesserei Flierl/Berlin-Weißensee* Nachgüsse angefertigt werden. Neue Fotografien der Objekte von der Qubbet el-Hawa werden schließlich dem Fotografen des *LVR-LandesMuseums Bonn*, Jürgen Vogel verdankt. Für die Hilfe bei der Relokalisierung einer Gussform im Ägyptischen Museum Kairo danken wir neben John Iskander und Mennat Allah El-Dorry besonders Jasmine El-Shazly und Sara Al-Ashmawi.

Die Autoren möchten zudem allen Beteiligten danken, die im Rahmen des Ausstellungsprojektes „Gegossene Götter. Metallhandwerk und Massenproduktion im Alten Ägypten“ an der Diskussion und Präsentation der Befunde mitgewirkt haben, namentlich Christian E. Loeben, Kurator der Ägyptischen Abteilung des *Museums August Kestner, Hannover*; Uta Wallenstein, Kuratorin der Antikenabteilung des *Herzoglichen Museums, Stiftung Schloss Friedenstein Gotha*; Dietrich Raue, Kustos des *Ägyptischen Museum – Georg Steindorff – der Universität Leipzig* und Karl-Heinrich von Stülpnagel, Leitender Restaurator am selben Museum. Ebenso gilt unser Dank den Kollegen, die an

dem das Projekt abschließenden und diese Publikation vorbereitenden Workshop im März 2015 am Ägyptischen Museum der Universität Bonn teilgenommen haben. Neben den in diesem Band auch als Autoren vertretenen seien genannt: Deborah Schorsch, Jörg Drauschke, Andreas Dorn, Florence Gombert-Meurice, Britta Rabe, Marie Schulze, Robert Lehmann, Frederik Rademakers, Georges Verly sowie die Kunstgießer Klaus Cenker, Marco Flierl und Florian Flierl.

Wertvolle Informationen zum Befund konnte uns schließlich Jürgen Wentscher geben, der als Grabungstechniker und Zeichner der Kampagne 1969 den Fund selbst erlebt hatte und mit dem etliche Fragen der Befundsituation diskutiert wurden. Karl-Joachim Seyfried und Edgar Pusch, die beide in späteren Phasen am Grabungsprojekt Edels tätig waren, gaben ebenfalls Hinweise und halfen, Fragen zu klären.

Nicht zuletzt soll der große Einsatz der Mitarbeiter der Abteilung Ägyptologie und des Ägyptischen Museums der Universität Bonn erwähnt sein, die in verschiedenen Stadien am Projekt mitgewirkt haben: Annkatrin Benz, Beryl Büma, Olga Fast, David Sabel, Tobias Gutmann, Brigitte von Laszewski, Horst Creutz und alle übrigen Kollegen. Ohne diese kollegiale Einbettung wäre so manches nicht möglich gewesen. Besonderer Dank gebührt Andreas Dorn, der das Projekt als Nachfolger von Martin Fitzenreiter am Ägyptischen Museum der Universität Bonn tatkräftig begleitete und auch das Manuskript der Publikation Korrektur gelesen hat.

Nicht unerwähnt bleiben soll die gute Zusammenarbeit mit dem EB-Verlag Dr. Brandt und namentlich dessen Leiter, Herrn Rainer Kuhl. Ohne dessen unkomplizierte Mitarbeit wäre dieser Band nicht in dieser Form und dieser Geschwindigkeit erschienen.

Der hier vorliegende Band fasst die Ergebnisse des Projektes zusammen. Da die einzelnen Kapitel jeweils einem bestimmten Untersuchungsziel gewidmet sind, stehen sie als Essays nebeneinander, die zwar auf denselben Gegenstand Bezug nehmen, sich den Objekten aber jeweils mit den methodischen und technischen Werkzeugen und der persönlichen Kompetenz jeder Bearbeiterin und jedes Bearbeiters nähern. Dass sich dadurch gelegentlich Überschneidungen, Wiederholungen und vielleicht auch Widersprüche ergeben, liegt in der Natur der Sache und ist auch ihre eigentliche Würze. Abgeschlossen wird der Band mit einem aktualisierten Katalog der Funde, die im Rahmen dieses Projektes dem Konvolut zugeordnet wurden. Über diesen Katalog werden auch die Untersuchungen zu einzelnen Objekten im Essayteil durch Verweise erschlossen.

Bonn und Münster, im Juli 2016

Martin Fitzenreiter   Frank Willer   Johannes Auenmüller



# 1. Forschungsgeschichte<sup>1</sup>

*Martin Fitzenreiter*

## Entdeckung

Obwohl bereits die *Savants* der französischen Eroberungstruppen unter Napoleon die Lage der Felsgräbernekropole auf der Qubbet el-Hawa registriert hatten (Vieler 2011, 97), blieben die Anlagen bis zum Ende des 19. Jahrhunderts nur ein Nebenschauplatz ägyptologischer Forschungen. Im Rahmen der Freilegung einiger Grabkomplexe durch General Francis Wallace Grenfell im Jahr 1886 wurde ein Nummerierungssystem der Felskapellen eingeführt, an dem sich die moderne Forschung seither orientiert (QH für „Qubbet el-Hawa“ + laufende Nummer). Seitdem stieg auch das archäologische Interesse an diesem Platz. Berühmtheit erlangte die Qubbet el-Hawa durch die an den Fassaden der Anlagen des Sabni, Mehu, Herchuf und anderer angebrachten biographischen Inschriften aus dem Alten Reich (Sethe 1933, 120–141). Es war dieses Inschriftenmaterial, das Elmar Edel veranlasste, die Gräber der Qubbet el-Hawa über viele Jahre hinweg zum Gegenstand seiner Feldforschung zu machen. Neben der epigraphischen Aufnahme von Inschriften und Bildern unternahm sein Team auch die Reinigung, architektonische Aufnahme und schließlich Ausgrabung etlicher Anlagen im südlichen und mittleren Bereich der Qubbet el-Hawa. Sensationell war die Aufdeckung einer großen Anzahl von beschrifteten Beigabengefäßen, die Edel ein gewaltiges Korpus an althieratischem Textmaterial brachten (Edel 1967–1970; Edel 1971; Edel 1975a; Edel 1980).

Waren gerade die „großen“ Anlagen – etwa die des Mehu und Sabni (QH 25/26) – bereits durch frühere Ausgrabungen ihres sekundär eingebrachten Materials beraubt, so stieß man in den neu erfassten Grabkomplexen, besonders im Bereich von QH 206 und 207, auf eine erhebliche Menge von Bestattungen, die im Laufe des 1. Jahrtausends v. u. Z. in den älteren Anlagen abgelegt worden waren. Die Dokumentation dieser Beisetzungen und ihres Inventars erwies sich als nicht einfach. Dies betrifft auch die archäologische Erfassung des hier interessierenden Konvolutes an Objekten, das sich innerhalb dieser Befundmatrix fand. Infolge des Zerfalls von Särgen und Beigaben war die Bestimmung der Position von Funden selten eindeutig und wurde bei der recht zügigen Beräumung der Kultkammer von QH 207 auch vernachlässigt. Dazu trug sicherlich bei, dass die Belegung der Kapelle insgesamt „spät“ datierte und nur wenig epigraphisch interessantes Material erbrachte; sprich: unter dem Gesichtspunkt des Ausgrabungsziels waren diese Befunde zweitrangig.

Betrachtet man diesen für Grabungen im 20. Jahrhundert durchaus häufig zu konstatierenden Aspekt, so mag das Vorgehen der Ausgräber und die Art der Dokumentation unbefriedigend wirken.<sup>2</sup> Jedoch gilt hierbei zu bedenken, dass Grabungen – seinerzeit wie heute – nicht mit dem Wissen um das begonnen werden, was gefunden werden wird. Vielmehr erwartet die Forschung oft (oder sogar in den meisten Fällen) ganz andere Ergebnisse, als sie das Befundmaterial schließlich ermöglicht. Diese Serendipität der Feldforschung zu gestalten und zu ertragen ist für den verantwortlichen Grabungsleiter nicht einfach (und die Geldgeber nicht weniger).<sup>3</sup> Die in der

<sup>1</sup> Zur Erforschung der Qubbet el-Hawa allgemein siehe: Edel/Seyfried/Vieler 2008, XVII; Morenz/Höveler-Müller/El Hawary 2011.

<sup>2</sup> Vgl. Edel/Seyfried/Vieler 2008, 1861, 1869 zur ungünstigen Dokumentationslage.

<sup>3</sup> Ein erst kürzlich durch die Publikation der Grabungsdokumentation aufgearbeitetes Beispiel ist die Entdeckung, Ausgrabung und Dokumentation des Friedhofes der heiligen Widder von Elephantine durch Charles

Nachkriegszeit begonnene Unternehmung Edels war als ein auf wenige Mitarbeiter ausgelegtes, epigraphisch orientiertes Vorhaben gestartet<sup>4</sup> und sah sich im Zuge der unvermeidbaren Dynamik archäologischer Praxis vor die Aufgabe gestellt, gänzlich unerwartete Herausforderungen in gewissem Sinne *ad hoc* zu bewältigen.<sup>5</sup> Dabei kam es oft genug zu Interessenkollisionen zwischen dem, was die Agenda des Ausgräbers vorsah, und dem, was die aufgedeckten Befunde einforderten.<sup>6</sup>

Unter diesem Blickwinkel ist es umso erfreulicher, dass dieser hochgradig fragile Befund, der bis heute so ganz dem widerspricht, was an einem funerären Platz zu erwarten wäre, mit einiger Sorgfalt geborgen wurde. Dem kam zugute, dass man – namentlich wohl Elmar Edel<sup>7</sup> – offenbar schnell erkannte, dass es sich bei den unansehnlichen Tonwürsten um Formen für den Guss im Wachsauerschmelzverfahren handelt. So wurde in der auf die Bergung folgenden Phase möglichst alles vermieden, was die empfindlichen Objekte beeinträchtigen könnte. Auch in der fast vollständigen Überführung des Konvolutes nach Bonn kann ein Indiz dafür gesehen werden, dass Edel die besondere Bedeutung dieser anomalen und unerwarteten Objektgruppe erkannte und einer intensiven Untersuchung zuführen wollte.

## Fundsituation

Anlage QH 207 liegt im Bereich einer Felsnase, an der der Kamm des Plateaus der Qubbet el-Hawa eine Biegung beschreibt. Die Positionierung eines ehemaligen koptischen Klosters etwa auf halber Höhe und der neuzeitlichen Qubba auf dem Gipfel oberhalb dieses Segmentes demonstrieren diese exponierte Situation eindringlich (Abb. 1.1; Taf. 1). Die Terrasse, auf der sich der Hof der Zwillinganlage QH 206/207 befindet, war bei Grabungsbeginn völlig mit Sand und Schutt bedeckt. Entdeckt wurde der Komplex bereits 1963, als man bei Arbeiten auf der oberen Terrasse durch Schacht I von QH 107 unterirdisch in diesen Bereich vordrang, wodurch die Existenz einer darunter liegenden Gräberreihe gesichert war (Edel/Seyfried/Vieler 2008, XXII). Man beließ es damals jedoch bei einer ersten Registrierung und setzte erst im März 1969 systematisch an, den Hof vor QH 206/207 freizulegen und so auch in die Felskammern zu gelangen. Teilnehmer der Kampagne waren neben Angelika und Elmar Edel die Zeichnerin Birgit Kohl, der Grabungstechniker und Zeichner Jürgen Wentscher, der Anthropologe Friedrich W. Rösing sowie als Inspektor der Antikenverwaltung Hismet Adib (Edel/Seyfried/Vieler 2008, XXIV).

---

Clermont-Ganneau in den Jahren 1906–09. Ursprüngliches Ziel dieser durch den Baron Edmond de Rothschild finanzierten Expedition war es, Papyri und archäologische Zeugnisse aus der Zeit der jüdischen Siedlung auf Elephantine zu bergen. Davon fand sich nichts, doch wurde die Grabung zur ersten systematischen Erfassung eines Friedhofes von Tempeltieren (nach den kaum dokumentierten Grabungen Mariettes im Serapeum). Siehe Delange/Jaritz 2013.

4 Eine wirkliche „Grabungskonzession“ wurde erst 1967 erteilt; Edel/Seyfried/Vieler 2008, XLVI.

5 Ganz ähnlich erging es seinem Studienkollegen Fritz Hintze, der 1962 Ausgrabungen in Mussawarat es Sufra begann, um Zeugnisse der meroitischen Schrift und Sprache zu entdecken – und stattdessen ein bis heute enigmatischen sakralen Platz freilegte. Siehe Wenig 2003.

6 Dass die Forschungsinteressen des Leiters der Grabung mit denen anderer Mitarbeiter auch konkurrierten, beschreibt Rösing 2011 anschaulich am Beispiel seiner anthropologischen Agenda. Elmar Edel zog offenbar erst auf Drängen der DFG als Geldgeber entsprechende Spezialisten hinzu – hier war die Konstellation gewissermaßen umgekehrt zur oben beschriebenen: Die Geldgeber mussten den Ausgräber von seinen Funden überzeugen.

7 So laut mündlicher Auskunft von Jürgen Wentscher, dass Edel die Objekte unmittelbar als Gussformen ansprach. Im Grabungstagebuch wird erstmals am 31. März 1969 von „Gußformen“ gesprochen.



Abb. 1.1: Die Felsgräbernekropole der Qubbet el-Hawa von Südosten. Links liegen unterhalb der muslimischen Qubba die Aufwege und Anlagen QH 25/26 des Mehu und Sabni. Die Anlagen QH 206/207 befinden sich unterhalb der Klosterruine ganz rechts auf der untersten der drei Ebenen von Felsgräbern. (Foto: J. Auenmüller)

Die Arbeiten an QH 207 begannen am 6. März 1969. Im Rahmen der Freilegung des Hofes wurden drei künstliche Plana angelegt. Bereits im Planum 2 wurde die obere, sekundäre Vermauerung des Zugangs zu QH 207 erreicht (Abb. 1.2). Im Bereich von Planum 3, ca. 0,50 m über dem Felsboden, traten reiche Funde zur funeren Nutzung des Areals – bzw. der beiden Gräber QH 206 und 207 – im späten Alten Reich und im Mittleren Reich zu Tage. Bei Erreichen des dritten Planums wurde, wohl noch vor der Abgrabung bis auf das Bodenniveau des Hofes, am 12. März die Blockierung des Zuganges von QH 207 entfernt. Mit der Öffnung des Zuganges gelangten die Ausgräber in Raum 1, einen durch Bruchsteinmauern abgeteilten Bereich der Felskapelle.

Soweit zu rekonstruieren,<sup>8</sup> wurden die meisten Objekte des Werkstattkonvolutes im Kontext der hier befindlichen Bestattung 1 entdeckt. Nach Ausbringung der Funde wurde die Vermauerung geöffnet und die übrigen elf in der Kapelle befindlichen Bestattungen der Spätzeit bis zum 19. März ausgeräumt (Abb. 1.3).

All diese Bestattungen lagen auf einer, den Beschreibungen nach kompakten, den Raum fast zur halben Höhe füllenden Sandschicht, die zügig abgegraben wurde, um am 21. März (endlich) an die wenigen dekorierten Wandpartien und die Schächte aus der ersten Nutzungsphase der Kultkammer zu gelangen. In der Sandschicht fanden sich die Überreste von ca. 74 Individuen und einige wenige Objekte, die in die Zeit von der ersten Zwischenzeit bis zum Mittleren Reich datierten, hier aber wohl sekundär infolge von Beraubungen der Grabschächte schon in der Antike umgelagert waren. Anschließend wurden ab dem 24. März die vier eigentlichen Grabschächte aus dem späten Alten Reich/der ersten Zwischenzeit freigelegt. Für den 28. März verzeichnet das Grabungstagebuch ein letztes Mal Arbeiten (Vermessung) in QH 207 (Abb. 1.4).

8 Siehe ausführlich Kapitel 2. *Der archäologische Kontext*.



Abb. 1.2: Archäologische Dokumentation des Vorhofs und der Fassade von QH 207 (Planum 2); links Jürgen Wentscher, in der Mitte ein namentlich nicht bekannter Vorarbeiter aus Quft, rechts der Inspektor Hismet Adib. (Foto-Nr. 69/31/5)



Abb. 1.3: Elmar Edel bei der Aufnahme von Inschriften auf den spätzeitlichen Bestattungen in der Kultkammer von QH 207. (Foto-Nr. 69/1/15)



Abb. 1.4: Die Fassade der Gräbergruppe mit den Eingängen von QH 206-207a; Jürgen Wentscher steht im Zugang zu QH 207. (Foto-Nr. 69/9/35)

Zur Dokumentation wurden die Objekte aus der Anlage transportiert, fotografiert, gezeichnet und beschrieben. Sehr wahrscheinlich gelangten die Objekte des Konvolutes dann mit weiteren Stücken im Rahmen der ersten Fundteilung 1971 nach Bonn (Edel/Seyfried/Vieler 2008, XXII, XCI).

## Bearbeitung und Publikation

Elmar Edel hatte ganz im alten Stil die Bearbeitung und Publikation des Gesamtmaterials „seiner“ Grabungen als individuelle Aufgabe gesehen. Entsprechend empfand er das Fund- und Befundmaterial auch als in seiner persönlichen Verfügung stehend (und reagierte bei vermeintlichen Verstößen gegen dieses Recht dem Vernehmen nach entsprechend verärgert). So ist davon auszugehen, dass die im Grabungsarchiv aufgefundenen Dokumente einer wissenschaftlichen Analyse des Materials auf seine persönliche Initiative zurückgehen und entsprechend seine Handschrift tragen.

Bei der Beschäftigung mit den Materialien zum Wachsausschmelzverfahren kam ihm zugute, dass er als Student 1938 für Günther Roeder gearbeitet hatte, als dieser mit der Bearbeitung des Bronzenbestandes des Berliner Ägyptischen Museums beschäftigt war.<sup>9</sup> Wahrscheinlich hatte Edel vorgesehen, im Rahmen der geplanten Gesamtpublikation das Material zusammen mit einem

<sup>9</sup> Roeder 1956, 5 erwähnt Elmar Edel als studentischen Mitarbeiter.



Exkurs oder in einer separaten Untersuchung zur Gusstechnik zu veröffentlichen. Darauf deutet, dass Informationen zu den Objekten des Konvolutes nicht nur in mehreren Mappen zusammengefasst sind, sondern in diesen bereits eine Unterteilung nach Prozessschritten des Wachsausschmelzverfahrens vorgenommen wurde.<sup>10</sup>

Natürlich stützte sich Edel bei diesem Vorhaben durchaus auf die Zuarbeit mehrerer Mitarbeiter. Jürgen Wentscher als Grabungstechniker und Angelika Edel haben die Funde geborgen und beschrieben. Bereits am Grabungsplatz hatten Birgit Kohl und Jürgen Wentscher damit begonnen, Zeichnungen der Stücke anzufertigen, eine Arbeit, die in Bonn fortgesetzt wurde. Schon 1971 – also unmittelbar nach der Überführung nach Bonn! – wurden im Röntgenlabor des *LVR-LandesMuseums Bonn* Röntgenaufnahmen eines Großteils der Stücke durch Werner Maslankovski angefertigt.

Ebenfalls zu einem frühen Zeitpunkt ließ Edel Metallproben mehrerer Funde von der Qubbet el-Hawa am *Institut für Strahlen- und Kernphysik* der Universität Bonn bestimmen. Darunter befand sich neben Objekten aus anderen Kontexten auch die Figur 207/18 aus dem Konvolut in QH 207. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden 1979 in der *Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde* (ZÄS) publiziert (Mommsen et al. 1979).<sup>11</sup> Der die Legierungszusammensetzung diskutierende Nachsatz zu dieser Präsentation und die zügige Veröffentlichung der Ergebnisse der Metallbeprobung lässt darauf schließen, dass die naturwissenschaftliche Bearbeitung von Funden von der Qubbet el-Hawa in den 70er Jahren für Edel einige Priorität besaß, auch wenn deren Publikation noch hinausgeschoben wurde.<sup>12</sup>

In den Neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts erkannte Elmar Edel, dass er allein nicht mehr in der Lage sein würde, das in Jahrzehnten gesammelte Material der archäologischen Arbeiten auf der Qubbet el-Hawa zu publizieren. Er verfügte daher, dass die *Akademie der Wissenschaften und Künste Nordrhein-Westfalen* sein zu diesem Zweck gestiftetes Vermögen auch dafür einsetzen sollte, um diese Arbeit unter der Leitung von Karl-Joachim Seyfried und Gerd Vieler abzuschließen (Seyfried 2005, 309). In der 2008 vorgelegten monumentalen Publikation ist auch der Befund aus der Anlage QH 207 dargestellt. Im Band III findet sich eine Beschreibung der Fundsituation und eine Liste aller registrierten Funde aus QH 207, einschließlich der hier in diesem Band erneut behandelten Objekte (Edel/Seyfried/Vieler 2008, 1869–1878). Leider standen dem Bearbeiter Karl-Joachim Seyfried nicht alle bereits zu einzelnen Objekten existierenden Daten und Materialien zur Verfügung. So war es Seyfried nicht möglich, den Satz von Röntgenbildern zu publizieren, der in den 70er Jahren von der Mehrzahl der Gussformen angefertigt wurde, obwohl ihm dessen Existenz bekannt war.<sup>13</sup>

---

10 Die einzelnen Mappen sind folgendermaßen beschriftet: „Prägeformen für Wachsmo-  
delles“; „Wachsmo-  
delles“; „Nilschlammmodelles“; „Gußformen von Osirisstatuetten“; „Sonstige Gußformen“; „Kupferstatuetten“.

11 Wann die Untersuchungen durchgeführt wurden, wird im Text nicht erwähnt. Da Manuskripte bei der ZÄS erfahrungsgemäß längere Zeit „liegen“, ist von einigen Jahren vor Veröffentlichung auszugehen.

12 Nach freundlicher Auskunft von K.-J. Seyfried sollten die naturwissenschaftlichen Untersuchungen als Abteilung III eine eigenständige Sektion der Publikation bilden. Die beschrifteten Gefäße bildeten einen weiteren Forschungsgegenstand (Abteilung II); der archäologische Befund dann den dritten (Abteilung I). Im Publikationsverhalten Edels (und anderer) lässt sich neben dieser Gewichtung der Gegenstände auch recht gut die Konjunktur bestimmter Interessen ablesen; so publizierte er sehr zügig die ersten Bände mit Untersuchungen zu den beschrifteten Töpfen und auch die Entdeckung einer Kamaresgefäßes bewirkte eine eher ungewöhnlich rasche Publikation (Edel 1975b). Als einziges Objekt aus QH 207 wurde von Edel die Ptah-Sokar-Osiris-Statuette QH 207/1 publiziert, bzw. besser: deren Inschrift (Edel 1994).

13 Vermerk in Edel/Seyfried/Vieler, 2008, 1874, Anm. 109. Diese Aufnahmen wurden erst bei der Neuordnung des Archivs 2012 wieder aufgefunden.

Da, abgesehen von den beschrifteten Töpfen, die Funde und Objekte von der Qubbet el-Hawa weitgehend unpubliziert waren, blieben sie der Forschung lange Zeit verborgen. Erst die Eingliederung des Fundmaterials in den Bestand der *Bonner Sammlung von Aegyptiaca* unter Ursula Rössler-Köhler führte zu einer schrittweisen Neuentdeckung einzelner Befundgruppen sowie deren Interpretation, auch losgelöst vom unmittelbaren Fundzusammenhang. So wurden Teile des Konvolutes im Rahmen der Visualisierung von Handwerkstechniken in der Dauerausstellung der seit 2001 als Museum zugänglichen Sammlung präsentiert. In diesem Zusammenhang konnte die Gussform einer Harpokratesfigur (QH 207/42; Kat. 4.5) im ersten Katalog der Sammlung von Holger Kockelmann besprochen sowie ein Foto und das Röntgenbild dieses Stückes publiziert werden (Grallert/Stünkel 2004, 44f).<sup>14</sup> Im Rahmen der Vorbereitung der Jubiläumsaufstellung zum zehnjährigen Bestehen des Museums wurde das in Bonn aufbewahrte Material von der Qubbet el-Hawa neu gesichtet und auch die Objekte des Werkstattkonvolutes erneut präsentiert (Höveler-Müller/Siffert 2011, 309). Mit der Übernahme der Kuratorenstelle des Museums durch den ehemaligen Kunstgießer Martin Fitzenreiter wurde das Potential dieser Materialien neu bewertet und sich zu einer erneuten Bearbeitung entschlossen. Ausschlaggebend dafür, dass nun eine Neupublikation vorgelegt werden kann, war, dass gleich zu Projektbeginn Frank Willer vom *LVR-LandesMuseum Bonn* von der Mitarbeit überzeugt werden konnte. Über ihn wiederum wurde der Kontakt zu Dietmar Meinel von der *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung* (BAM) hergestellt. Auf der Basis der Erfahrungen, die die Mitarbeiter des *LVR-LandesMuseums* unter anderem im Rahmen des *Projektes Römische Großbronzen am UNESCO-Welterbe Limes* gesammelt hatten (Uelsberg/Heiligmann/Brouwer 2014), konnten zudem alle nach dem derzeitigen Stand der Technik möglichen (und sinnvollen) Materialanalysen mit auf diesem Gebiet erfahrenen Partnern durchgeführt werden.<sup>15</sup> Durch die Mitarbeit des Ägyptologen Johannes Auenmüller flossen zusätzlich Vor-Ort-Kenntnisse in das Projekt ein, so dass auch der archäologische Kontext des Konvolutes immer besser verstanden werden konnte.

Im Zuge der zeitgleich erfolgten Vorbereitung der Ausstellung *Gegossene Götter. Metallhandwerk und Massenproduktion im Alten Ägypten* wurde der Austausch mit den Fachkollegen bereits in der Bearbeitungsphase intensiviert. Die Ausstellung wurde vom Ägyptischen Museum der Universität Bonn in Kooperation mit dem Museum August Kestner Hannover, der Antikenabteilung des Herzoglichen Museums, Stiftung Schloss Friedenstein Gotha und dem Ägyptischen Museum – Georg Steindorff – der Universität Leipzig konzipiert und an den vier Standorten gezeigt. Der im März 2015 durchgeführte internationale Workshop *Das Wachsausschmelzverfahren als Kulturtechnik. Das Qubbet el-Hawa-Konvolut und die aktuelle Forschung* an der Abteilung Ägyptologie der Universität Bonn diente ebenfalls dem intensiven Austausch der Ergebnisse.<sup>16</sup>

Die in diesem Band vorgelegten Ergebnisse des von der *Fritz Thyssen Stiftung* finanzierten Kooperationsprojektes von *Universität Bonn* und *LVR-LandesMuseum* beruhen einerseits auf der naturwissenschaftlichen Analyse des Befundmaterials, andererseits auf einer Neubearbeitung der Befundzusammenhänge auf der Basis der originalen Dokumentation und der Befragung von Mitarbeitern

<sup>14</sup> Zwei Röntgenbilder derselben Form sind dann auch in Wentscher 2011, 132, Abb. 9 publiziert.

<sup>15</sup> Zum Forschungsnetzwerk des *LVR-LandesMuseums Bonn* siehe auch die Beispiele aktueller Untersuchungsverfahren in Otten/Kunow/Rind/Trier 2015.

<sup>16</sup> Im Rahmen der die Untersuchungen begleitenden Publikationstätigkeit sind bisher erschienen: Fitzenreiter/Auenmüller 2014b; Fitzenreiter/Loeben/Raue/Wallenstein 2014; Auenmüller 2015; Auenmüller/Ehrig/Meinel/Schneider/Willer 2014; Auenmüller i. Dr.

Elmar Edels. Nicht realisiert wurde eine ursprünglich ins Auge gefasste Nachgrabung im unmittelbaren Umfeld von QH 206/207, die mögliche Befunde einer temporären Gusswerkstatt im Hof oder Umfeld klären helfen sollte.

## Logik

Die bis hier erzählte ‚Geschichte‘ des Grabungsbefundes und seiner Bearbeitung bietet – und das ist der Sinn von ‚Grabungsgeschichten‘ – die Möglichkeit, Besonderheiten der Fund- und Befundkonstitution wie auch der vorgelegten Interpretation aus den Entstehungsbedingungen heraus zu verstehen und zu bewerten. Je ‚dichter‘ solche Beschreibungen ausfallen, desto leichter fällt es den Rezipienten, die Potenzen und auch die Grenzen des Angebotenen einzuschätzen.

Zugleich liefert eine solche Erzählung auch Einblicke in den Weg der archäologischen Forschung selbst, hilft zu erfassen, welche Bedingungen und Interessen dem zugrundeliegen, was wir als Wissen über die Vergangenheit produziert zu haben glauben. Gerade der Fall des so außergewöhnlichen Konvolutes und seines außergewöhnlichen Fundortes gibt auch ein interessantes Beispiel dafür, wie man mit einem dieser, wie eingangs erwähnt, unerwarteten und eigentlich nicht erstrebten – also durch und durch *serendipitären* – Funde umzugehen pflegt(e). Und wie diese Dinge die Forschung auch zwingen, sich immer wieder mit ihnen auseinanderzusetzen.

Bereits bei der Auffindung erregte das Konvolut offenbar einige Aufmerksamkeit bei den Ausgräbern, insbesondere, da einige Objekte in einem „Schatztopf“ verwahrt gefunden wurden. Da die rasch fortschreitende Beräumung der Felskapelle aber beständig neue Funde hervorbrachte, mussten die Objekte zügig abgearbeitet und fürs erste wieder in ihren Befundschlaf versetzt werden. Mit der begonnenen Bearbeitung durch Elmar Edel und seine Mitarbeiter in Bonn setzte eine intensive Interaktion von Forschung und Objekten ein, die in der Anfertigung von Röntgenaufnahmen gipfelte. Zusammen mit der Analyse von Metallproben (und der zeichnerischen Aufnahme der Objekte) war damit aber getan, was zu jener Zeit – den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts – an Analysetechniken zur Verfügung stand. Das langsame Sinken des forschenden Interesses von Edel mag diesem Umstand geschuldet sein. Er wusste nun, um was es sich bei diesen Objekten handelt und welche Negative in ihnen verborgen lagen. Da diese Erkenntnisse zur Metalltechnik jedoch nicht im Bereich von Edels Hauptinteressen lagen und entsprechend auch keine ihn besonders interessierende Fachkommunikation zu erwarten war (ein Interesse, dass bei Elmar Edel insgesamt nicht sehr ausgeprägt gewesen zu sein scheint), schob er die Publikation auf. Es ist als geradezu tragisch zu bewerten, dass insbesondere die Röntgenaufnahmen der Gussformen so lange unbekannt blieben. Anderenfalls hätte es kaum so lange dauern müssen, bis die Bedeutung des Konvolutes in der Fachwelt bekannt wurde.<sup>17</sup>

Wie so oft im Zeitalter der „Endpublikationen“ erschien diese nicht mehr zu Lebzeiten dessen, der sie als sein Werk angesehen hatte. Vielmehr lag die Bearbeitung des immensen Fundmaterials in den Händen von Mitarbeitern, die selbst nur zeitweise am Grabungsgeschehen teilgenommen hat-

---

<sup>17</sup> Ähnlich verhält es sich mit den Analysen von in den Gräbern gefundenen Pflanzen- und Tierüberresten sowie Gesteinen, die ebenfalls zeitnah durchgeführt wurden und eine eigene Abteilung III der Publikation bilden sollten und doch erst in der posthumen Publikation veröffentlicht werden konnten (siehe Seyfried 2005, 311; Edel/Seyfried/Vieler 2008, LVII–XC).

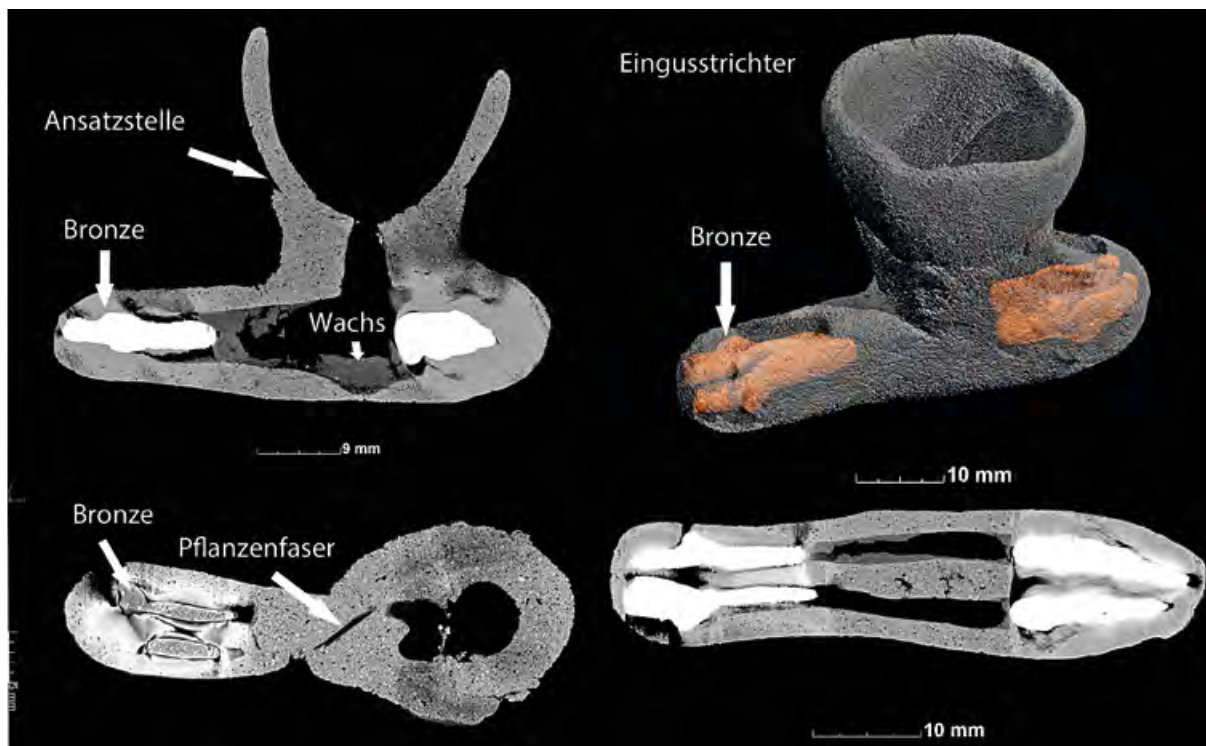


Abb. 7.11: Transparente Ansicht sowie Schnittbilder der Gussform QH 207/50 (Kat. 4.12) mit sichtbaren Füllungen (Bronze/Wachs) und der Ansatzstelle des Eingusstrichters. Die Gussform ist nicht mehrlagig angelegt (Abb.: F. Willer/D. Meinel).

### 1. Segmentierung und Triangulation

Um Objekte im 3D-Datensatz freizustellen, Materialien zu trennen oder Volumina zu ermitteln, bedarf es einer genauen Bestimmung der Grenz- bzw. Oberflächen. Dazu wird im einfachsten Fall ein globaler Grauwert festgelegt, der den Übergang zwischen Hintergrund und Material definiert (ISO-Schwellwert). Dieses Verfahren konnte bei den noch unbenutzten Gussformen ohne Bronzereste angewendet werden. Dadurch lässt sich der für den Guss bestimmte Hohlraum im 3D-Bild-datensatz bis zur festgelegten Grenzfläche virtuell fluten, wodurch von der ursprünglich nur als Negativ vorhandenen hohlen Gussform (nach Ausschmelzen des Wachsmodells) ein freistehendes Volumenmodell der intendierten Figur erzeugt wird (Abb. 7.12).<sup>4</sup>

Befinden sich Bronzereste in der Gussform, so führt die Verwendung eines am Übergang von Ton zu Luft ermittelten Schwellwertes zu Abweichungen an der Metalloberfläche. In diesen Fällen fand die Oberflächenbestimmung durch Berechnung lokal-adaptiver Schwellwerte statt (Abb. 7.13). Dabei wird automatisch an jeder Stelle einer vorher grob bestimmten Oberfläche ein lokaler Schwellwert ermittelt. Durch dieses Verfahren können auch Abweichungen aufgrund von Effekten durch Strahlaufhärtung der Röntgenstrahlung oder systembedingten Bildfehlern ausgeglichen werden.

Die mit den oben beschriebenen Methoden ermittelte Oberfläche bildet auch alle im Laufe der Zeit im Ton entstandenen und an die innere Hohlraumoberfläche mündenden Risse ab. Diese müssen von Hand mittels Computerprogramm beseitigt werden, da sie den virtuellen Blick auf die dem

<sup>4</sup> Siehe hierzu auch Kapitel 9. *Beobachtungen zu Technologie und Werkverfahren.*

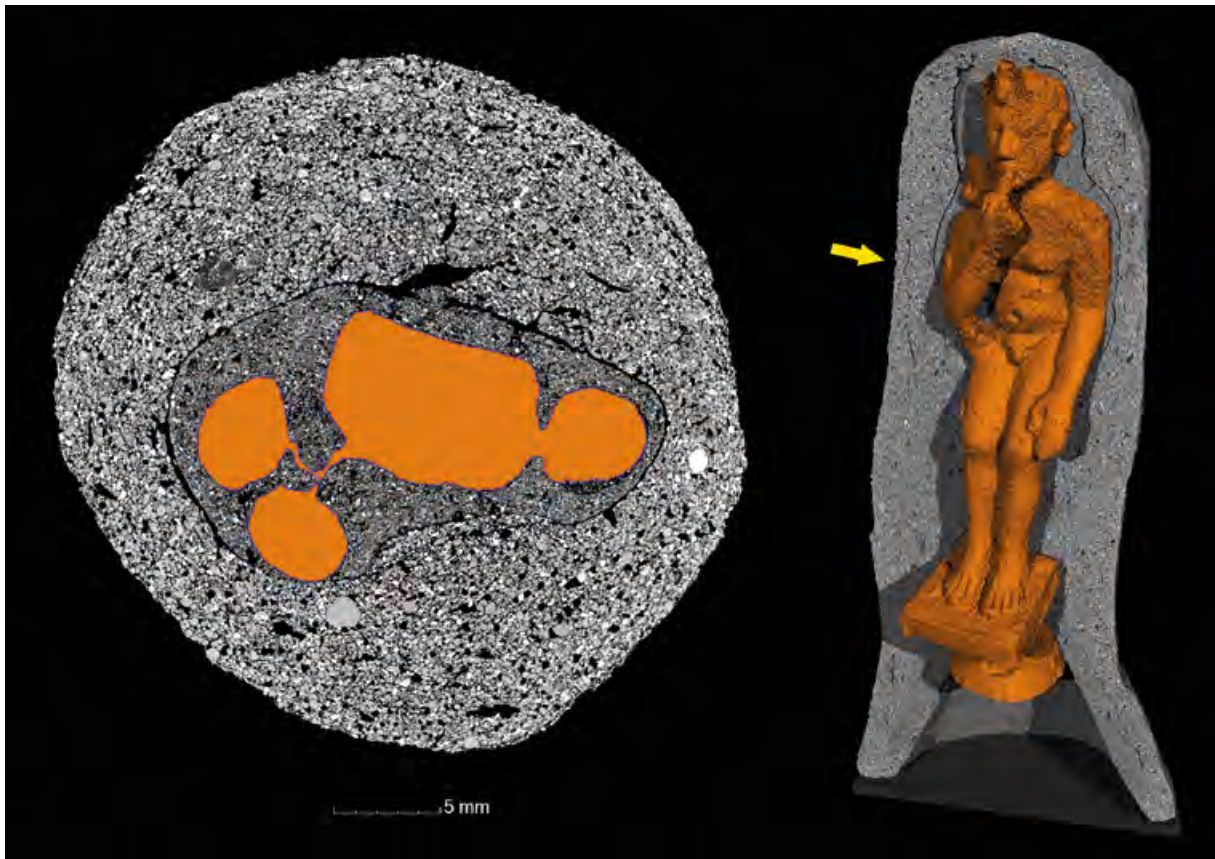


Abb. 7.12:  $\mu$ CT-Schnittbild der Gussform QH 207/42 (Kat. 4.5) mit zwei Tonlagen und eingefärbtem Hohlraum (links). Freistellung des virtuell gefluteten Hohlraums (rechts). Größe des aus drei Messungen zusammengesetzten Bilddatensatzes: 2021 x 2021 x 4339 Pixel (17,4 GB), gelber Pfeil: Höhe der Schnittebene links (Abb.: D. Meinel).

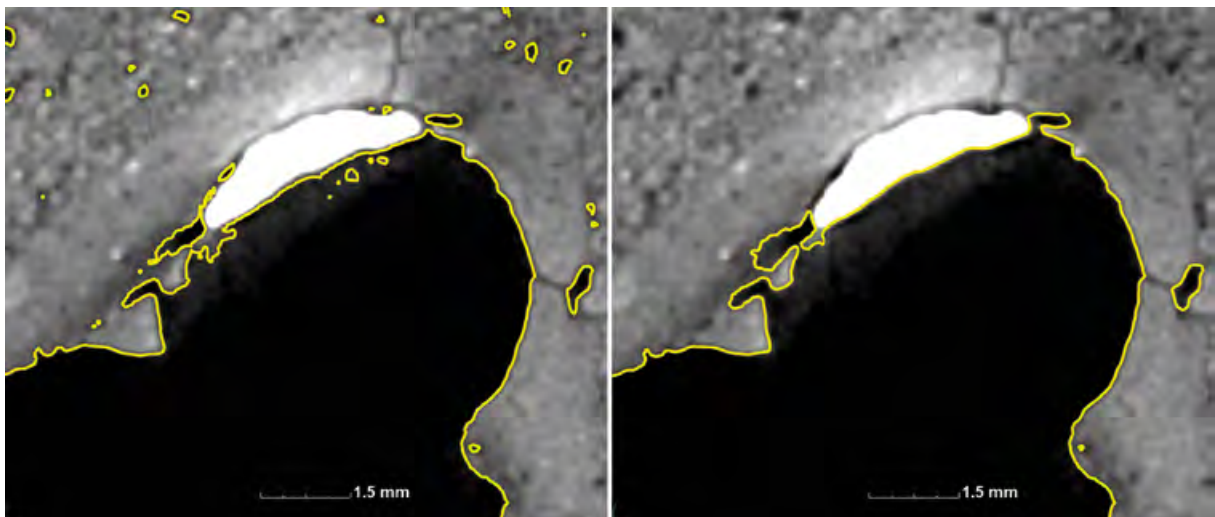


Abb. 7.13: Bestimmung der Oberfläche (gelbe Linie) am Übergang von Luft (schwarz) zu Ton (grau) und Bronze (weiß). Links: globaler Schwellwert, rechts: lokal-adaptiver Schwellwert (QH 207/42; Kat. 4.5) (Abb.: D. Meinel).

Originalzustand entsprechende Figur verdecken würden. Miterfasste Poren und andere Störungen lassen sich ebenfalls per Hand oder über die Verwendung morphologischer Filter beseitigen.

Die freigestellte Oberfläche der Figur lässt sich durch Triangulation der Oberfläche vom Volumenmodell in ein weniger Speicherplatz benötigendes Netzmodell aus Dreiecken überführen (Abb. 7.14). Als sog. STL-Datei (Standard Triangulation Language/StereoLithography/Standard Tessellation Language) exportiert, dient das Modell schließlich als Vorlage für den 3D-Druck, bei dem mithilfe entsprechender Computerprogramme Gusseigenschaften überprüft und eine virtuelle Gussimulationen durchgeführt werden können.

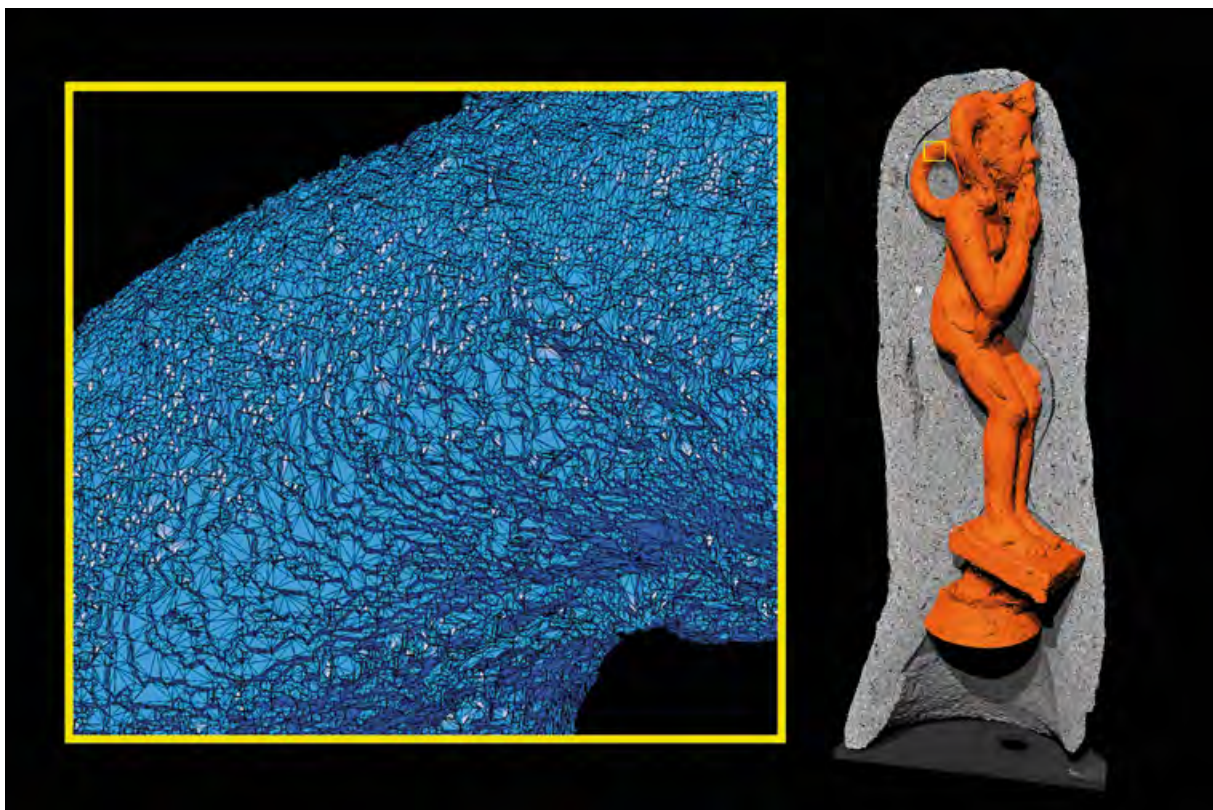


Abb. 7.14: Links: Ausschnitt der triangulierten Oberfläche (STL-Format) der aus dem Hohlraum von QH 207/42 (Kat. 4.5) erschaffenen Figur (rechts) (Abb.: D. Meinel).

Mit bloßem Auge lassen sich die unterschiedlichen Tonschichten der Gussformen anhand der  $\mu$ CT-Schnittbilder leicht unterscheiden. Jedoch ist eine automatische Segmentierung über einen Schwellwert aufgrund der breiten Grauwertstreuung nicht ohne weiteres möglich. Durch eine Kombination verschiedener morphologischer Operationen und Filtertechniken gelang es dennoch, die innere Tonschicht virtuell freizustellen (Abb. 7.15). Der Volumenanteil der auf diese Weise segmentierten inneren Tonschicht bei Gussform QH 207/45 (Kat. 4.8) am Gesamtvolumen der gesamten Gussform beträgt ca. 17%.



Abb. 7.15: Gussform QH 207/45 (Kat. 4.8), Links Schnittfläche, rechts Segmentierung und Freistellung der inneren ersten Tonschicht. Diese umgab die beiden Wachsmodelle der Osirisfiguren, welche nach dem Ausschmelzen und Brennen der Form einen Hohlraum erzeugte, in den die Bronze eingegossen werden sollte (Abb.: D. Meinel).

## 2. Segmentierungen zum Vergleich von Körpern

Bei dem untersuchten Konvolut handelt es sich zum Teil um Gussformen, in denen jeweils eine Serie identischer Statuetten gegossen werden sollte. Die Gussform QH 207/132 (Kat. 4.19) etwa war für den seriellen Guss von 34 Osirisstatuetten gedacht. Die geringen Abweichungen der Hohlräume, die nach dem Ausschmelzen der Wachsmodelle entstanden waren, lassen sich mit Hilfe der Auswertesoftware VGStudio MAX im Rahmen eines Soll/Ist-Vergleichs anhand der segmentierten Hohlräume der Figuren überprüfen. Dafür werden die Oberflächen der zuvor freigestellten Figuren bestimmt. Anschließend müssen die zu vergleichenden Objekte in demselben Koordinatensystem virtuell übereinander gelegt werden. Dies geschieht automatisch mit Hilfe eines Best Fit Algorithmus nach Gauß. Die minimalen Abweichungen der einzelnen Figuren können farbkodiert im 3D-Datensatz angezeigt (Abb. 7.16) oder als Histogramm ausgegeben werden. Die Auswertung zeigt, dass mit den Negativformen QH 207/35 (Kat. 1.1) oder QH 207/37 (Kat. 1.2) bereits serielle Wachsaußgüsse unter Zuhilfenahme einer Matrize hergestellt wurden, was modernen Verfahren vergleichbar ist. Die Verwendung von Matrizen ermöglichte die Produktion beliebig vieler und formgleicher Wachsfiguren in kürzester Zeit. Die hier sehr geringen Abweichungen der Wachsmodelle im Zehntel-Millimeterbereich sind durch das Ausformen und Einbetten in die Gussform bedingt.

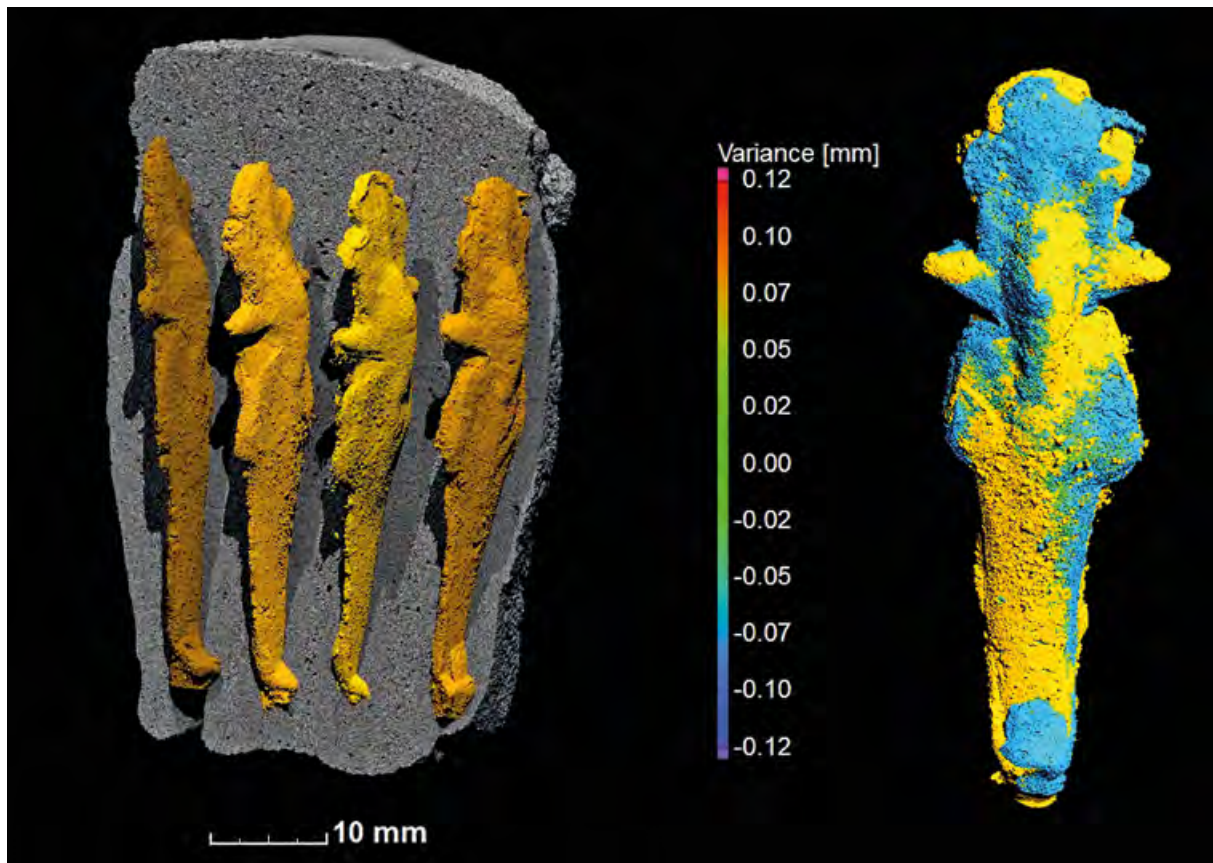


Abb. 7.16: Links: Teilstück der Gussform QH 207/132 (Kat. 4.19) mit 4 der insgesamt 34 Osirisstatuetten. Rechts: Farblich kodierte Formabweichung von Figur 2 und 4 (Abb.: D. Meinel).

### 3. Überstrahlung durch sog. Metallartefakte

Die für die CT genutzte Bremsstrahlung der Röntgenröhre besteht aus einem Spektrum, dessen minimale Wellenlänge der angelegten Beschleunigungsspannung entspricht. Da niederenergetische Anteile der Röntgenstrahlung durch das Untersuchungsobjekt stärker geschwächt werden, verschiebt sich das Spektrum der polychromatischen Röntgenstrahlung mit zunehmender Durchdringungstiefe in Richtung höherer Energien. Diese „aufgehärtete“ Strahlung wird, bedingt durch die energieabhängigen Wechselwirkungsprozesse, weniger stark geschwächt, so dass innere Bereiche im Objekt röntgenstrahlungsdurchlässiger und damit weniger dicht erscheinen. Dieser als Strahlaufhärtung bezeichnete Effekt kann durch Korrekturfunktionen nachträglich eliminiert oder durch Vorfilterung bei der Messung abgeschwächt werden. Bei Metallen führt dieser Effekt zusammen mit vermehrter Streustrahlung und anderen Störeinflüssen zu Bildfehlern, die als Metallartefakte bezeichnet werden. Die in den Gussformen QH 207/39 (Kat. 4.2), QH 207/40 (Kat. 4.3), QH 207/41 (Kat. 4.4), QH 207/43 (Kat. 4.6), QH 207/44 (Kat. 4.7), QH 207/48 (Kat. 4.11), QH 207/50 (Kat. 4.12), QH 207/55 (Kat. 4.17) und QH 207/132 (Kat. 4.19) vorhandenen Bronzereste von Fehlgüssen und Ergänzungen beeinflussen die Abbildung und damit auch die präzise Oberflächenbestimmung aufgrund der eingeschränkten Durchstrahlbarkeit des Metalls und der damit einhergehenden Metallartefakte erheblich. Diese Störeinflüsse lassen sich auch durch eine softwarebasierte Aufhärtungskorrektur nicht gänzlich beseitigen. Auf den Einsatz höherer



Röntgenenergien und stärkerer Vorfilter zur Verminderung dieses Effekts wurde verzichtet, um einerseits die gewünschte hohe Auflösung zu gewährleisten und andererseits einen hohen Kontrast der niedrig schwächenden Tonschichten zu erreichen. Um dennoch eine korrekte Oberfläche zu generieren, wurden die betroffenen Messdaten mit einer kommerziellen Software (CERA 2.4 Siemens) rekonstruiert. Diese erlaubt es, die störenden Metallartefakte durch spezielle Filtertechniken (MAR) zu reduzieren. Die Rekonstruktion der Daten erfolgt dabei in zwei Schritten unter Angabe eines Schwellwertes zur Trennung von Metall und übrigen Bilddaten. Zuerst werden die stärker schwächenden Metallteile heraus gerechnet, um anschließend eine Rekonstruktion ohne diese Bestandteile durchzuführen. Dann werden die Metallteile wieder in die Bilddaten eingesetzt. Eine empirisch bestimmte Parameteranpassung führt schließlich zu einem für die Segmentation der Bildbestandteile optimierten Ergebnis (Abb. 7.17). Mit den neu rekonstruierten Bilddaten können dann auch die unvollständig gegossenen oder ergänzten Figuren virtuell extrahiert und mit Hilfe der gefüllten Hohlräume zu einem vollständigen Objekt komplettiert werden (Abb. 7.18).

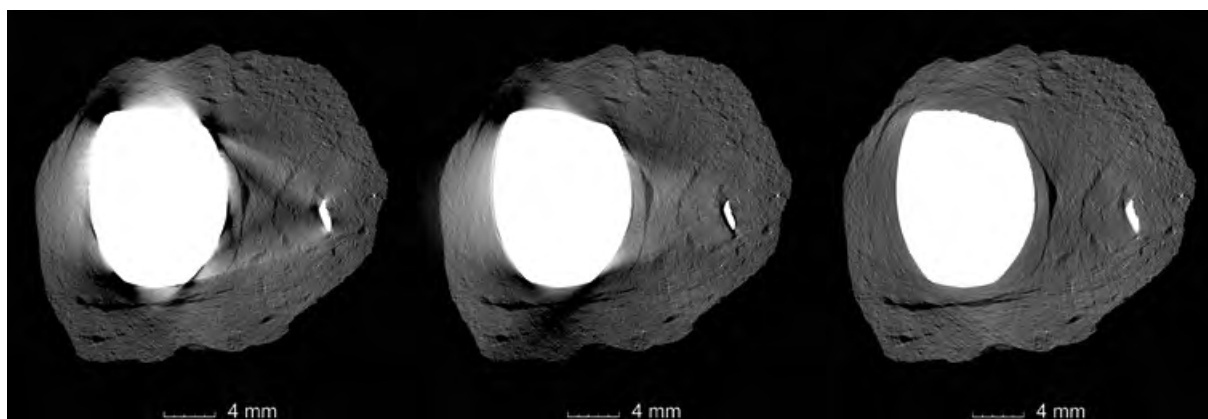


Abb. 7.17: Schnittbilder QH 207/43 (Kat. 4.6). Links: ohne MAR, Mitte und rechts: MAR mit verschiedenen Einstellungen (Abb.: D. Meinel).

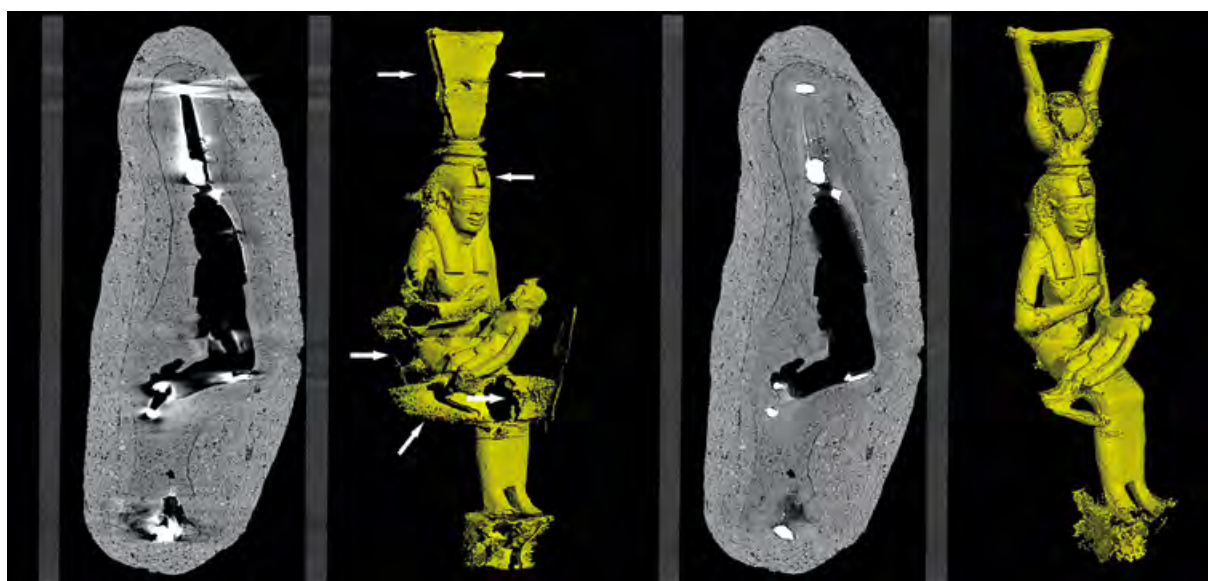


Abb. 7.18: QH 207/43 (Kat. 4.6). Die Metallartefaktreduzierung (MAR) führt beim virtuellen Füllen der Hohlräume (gelb) zu einem deutlich besseren Bildergebnis. Links ohne MAR, rechts mit MAR (Abb.: F. Willer/D. Meinel).

## Computertomographie zur Visualisierung und Analyse antiker Herstellungstechniken

Die Auswertung der Computertomographien aller untersuchten Gussformen der Qubbet el-Hawa ergab, dass es sich hierbei um noch nicht ausgegossene Formen sowie Fehlgüsse und Reparaturgüsse handelt. Neben Gussformen, die für den Guss eines einzelnen Objektes gedacht waren, gab es solche, mit denen gleichzeitig mehrere Objekte gegossen werden sollten. Von den untersuchten Objekten bilden die folgenden sechs Formen Gussformen für einzelne Statuetten bzw. Amulette: QH 207/42 (Kat. 4.5) (Harpokrates); QH 207/43 (Kat. 4.6) (Isis mit Kind auf dem Schoß); QH 207/46 (Kat. 4.9) (Anubis); QH 207/48 (Kat. 4.11) (Anuket); QH 207/47 (Kat. 4.10) (herzförmiges Amulett); QH 207/56c (Kat. 4.18) (Amulett).<sup>5</sup> Gussformen für zwei oder mehr Figuren sind: QH 207/50 (Kat. 4.12) (Osiris, zwei Figuren); QH 207/45 (Kat. 4.8) (Osiris, zwei Figuren); QH 207/41 (Kat. 4.4) (Osiris, drei Figuren); QH 207/39 (Kat. 4.2) (Osiris, vier Figuren); QH 207/40 (Kat. 4.3) (Osiris, vier Figuren) und QH207/44 (Kat. 4.7) (Osiris, fünf Figuren).<sup>6</sup> Eine Gussform diente sogar zur gleichzeitigen Fertigung von 34 Osirisfiguren, QH 207/132 (Kat. 4.19), Abb. 7.19–7.23.

### 1. Freistellen

Das virtuelle Freistellen der im Inneren der Gussformen befindlichen Bronze ermöglicht detaillierte Einblicke in den Formenbau und die Gusstechnik. Betrachtet man die Unterschiede in der Komplexität der zu gießenden Figuren, so ist hier eine Abhängigkeit zum Aufwand des Formenbaus zu erkennen. Demnach hatte man detailreich oder raumgreifend gestaltete Figuren, die schwierigerer zu gießen waren, primär als einzeln zu gießende Gussformen angelegt, während die eher flachen und in ihren Formen einfacher gestalteten Figuren, wie die des Totengottes Osiris, in höherer Anzahl in nur einer Gussform gegossen werden sollten. Die Gussform QH 207/132 (Kat. 4.19) mit 34 kleinen Osirisfiguren belegt zudem die Fertigkeit des seriellen Gusses, wie sie heute nur dank moderner Technik möglich ist (Abb. 7.19).

Nach Auswertung aller Daten besitzt diese besondere Gussform einen Hauptversorgungs kanal, der wie alle anderen Formteile ehemals aus Wachs gefertigt war. An diesem Kanal waren sechs weitere Zulaufkanäle jeweils im rechten Winkel und mit einem lichten Abstand von ca. 1 cm zueinander angefügt. Diese Zulaufkanäle dienten zu Montage der etwa 4,5 cm hohen Osiris-Statuetten. Diese hatte man in Gruppen von jeweils drei bis sechs Figuren hintereinander gestaffelt und kopfüber an den Zulaufkanälen angesetzt (Abb. 7.20 und 7.21). Der lichte Abstand zwischen den einzelnen Figuren beträgt durchschnittlich nur etwa 2–6 mm (Abb. 7.21).

Die seitlichen Abstände zwischen den einzelnen Reihen der Zulaufkanäle betragen im Fußbereich der Statuetten etwa 10 mm und weiten sich zum Oberkörper hin auf ca. 12 mm. Diese fächerartig wirkende Montage (siehe Abb. 7.19) war notwendig, da sich die Wachsmodele ansonsten im Bereich der Ellbogen berührt hätten.

5 QH207/42(Kat.4.5),Abb.7.7/7.10/7.12/7.13/7.14/7.43;QH207/43(Kat.4.6),Abb.7.8/7.17/7.18/7.37/7.41; QH 207/46 (Kat. 4.9), Abb. 7.37/7.38; QH 207/48 (Kat. 4.11), Abb. 7.39; QH 207/47 (Kat. 4.10), Abb. 7.40; QH 207/56c (Kat. 4.18), Abb. 7.24/7.38.

6 QH 207/50 (Kat. 4.12), Abb. 7.11; QH 207/45 (Kat. 4.8), Abb. 7.9/7.15/7.37/7.38; QH 207/41 (Kat. 4.4), Abb. 7.42; QH 207/39 (Kat. 4.2), Abb. 7.27-7.36; QH 207/40 (Kat. 4.3), Abb. 7.25 /7.26; QH207/44 (Kat. 4.7), Abb. 7.36.

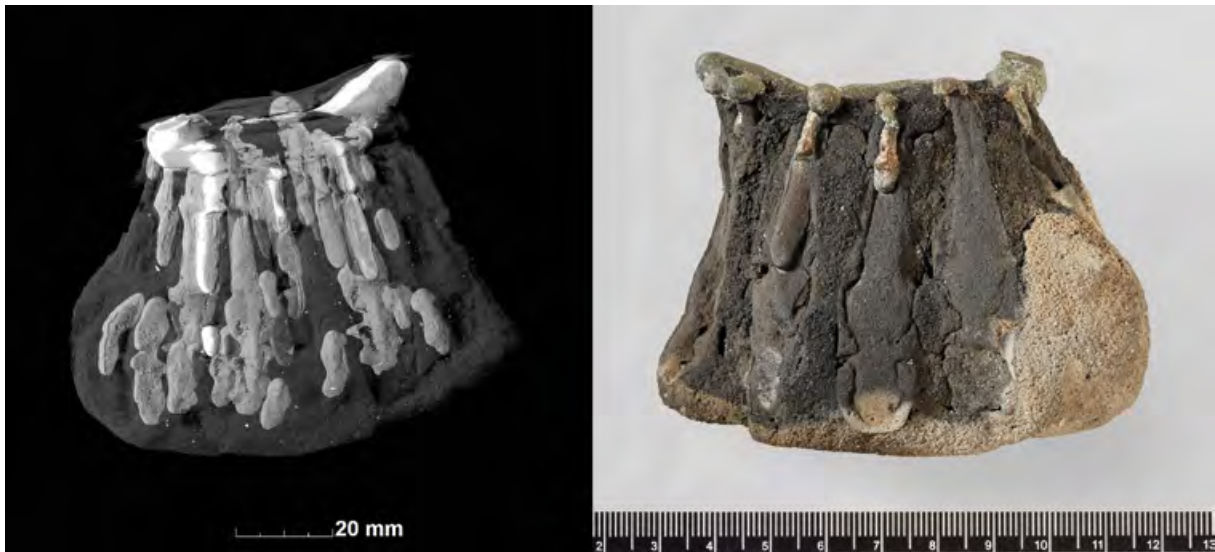


Abb. 7.19: Links: Transparente Darstellung der Gussform für 34 Osirisstatuetten (QH 207/132; Kat. 4.19), die nur unvollständig mit Bronze verfüllt ist. Rechts: Originalbefund der zerbrochenen Gussform (Abb.: D. Meinel/J. Vogel).

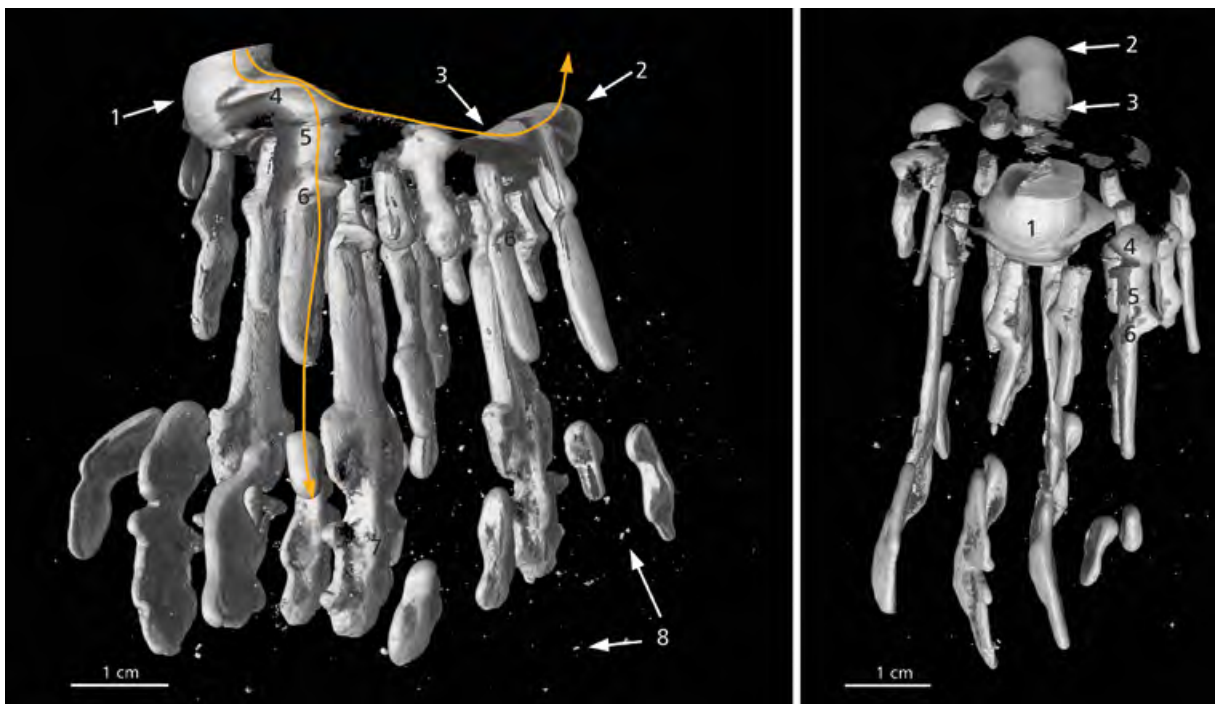


Abb. 7.20: Gussform für 34 Osirisfiguren (QH 207/132; Kat. 4.19). Freigestellte Bronze in zwei Ansichten: 1 scharfkantig abgetrennter Bereich des Eingusses, 2 vermuteter Entlüftungskanal, 3 horizontaler Hauptkanal, 4 Zulaufkanal, 5 runder Standzapfen für die spätere Montage, 6 Fußbereich, 7 Kopfbereich, 8 Feine Metallpartikel (Werkstattabfälle) im Formmaterial. Gelbe Pfeile deuten die vermutete Flussrichtung der Bronze an (Abb.: F. Willer/D. Meinel).

Auffällig ist, dass die Vorderseiten der Figuren – sofern vollständig erhalten und rekonstruierbar – innerhalb der Gussform nicht regelhaft ausgerichtet sind. So sind 8 Figuren in die gleiche Richtung angeordnet, während 11 Figuren um 180° versetzt montiert wurden. Die Tomographien verdeutlichen, dass die Montage der Wachsmodelle platzsparend auf engstem Raum erfolgte. Eine

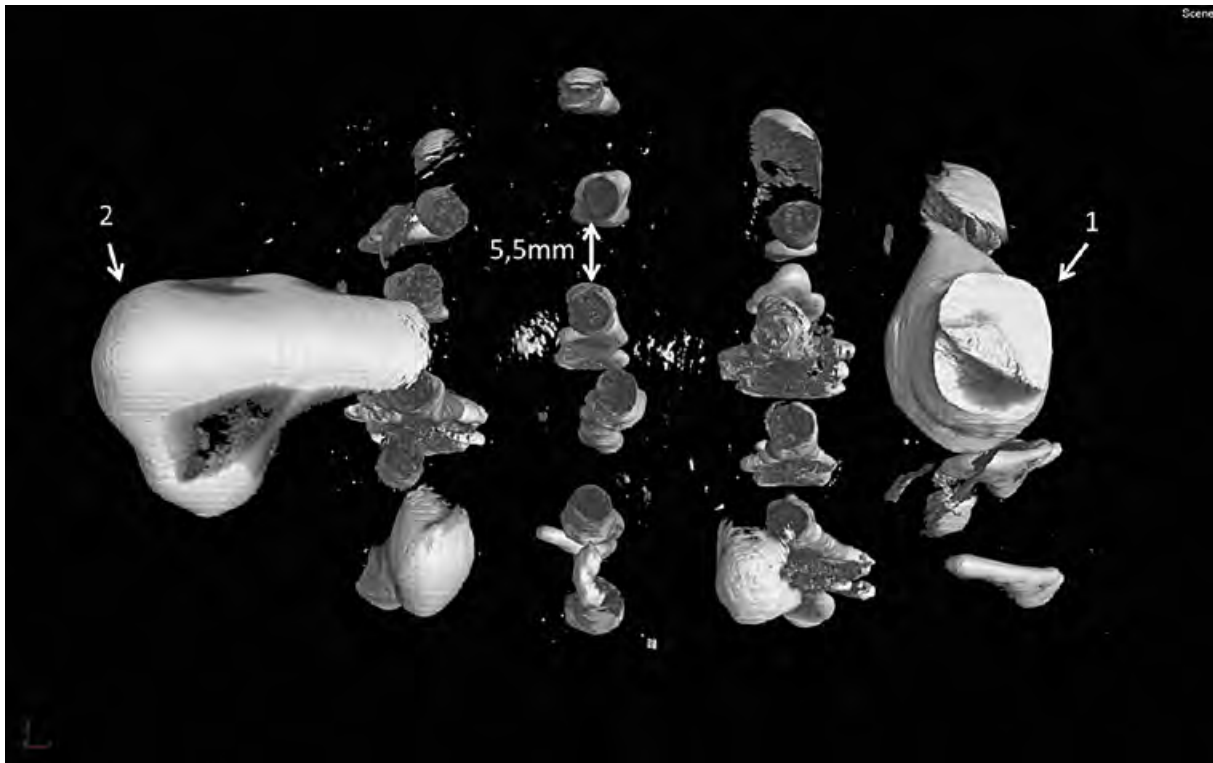


Abb. 7.21:  $\mu$ CT-Aufsicht auf die Gussform QH 207/132 (Kat. 4.19). 1 abgetrennter Einguss, 2 vermuteter Entlüftungskanal sowie lichter Abstand zwischen den einzelnen Statuetten mit rundem Montagezapfen im Fußbereich (Abb.: F. Willer).

regelmäßig gleichmäßige Ausrichtung war dabei aber scheinbar nicht erforderlich.<sup>7</sup> Der Durchmesser des Eingusstrichters beträgt im Bereich des Ansatzes etwa 11 mm. Die hier erkennbaren scharfen Schnittkanten (Abb. 7.20) deuten auf ein mechanisches Abtrennen hin. Der Gusstrichter dürfte also mit Bronze gefüllt gewesen sein, die man dann möglicherweise zum Zweck des Recyclens entfernt hatte.

Es ist daher anzunehmen, dass der Fehlguss nicht aufgrund einer unzureichenden Verfüllung des Trichters erfolgte, sondern eine andere Ursache hatte, auf die im Kap. 9. *Beobachtungen zu Technologie und Werkverfahren* näher eingegangen werden soll. An der Gussform befindet sich mit etwa 55 mm Abstand vom Einguss am gegenüberliegenden Ende des horizontal verlaufenden und nur noch in Teilen erhaltenen Hauptkanals eine weitere Verdickung, bei der es sich um einen nicht vollständig ausgeflossenen Entlüftungskanal handeln könnte (Abb. 7.19, 7.20 und 7.21).

## 2. 3D- und Schnittbilddarstellung

Die Kombination dreidimensionaler Darstellungen mit hochauflösenden Schnittbildern erlaubt detaillierte Rückschlüsse zur Herstellung. So war auffällig, dass das Formmaterial der Gussform QH 207/132 (Kat. 4.19), im Vergleich zu den anderen Gussformen des Konvoluts, mit vielen feinen Metallpartikeln (Werkstattabfällen) sehr verunreinigt ist (Abb. 7.22 rechts). Zudem sind einige Hohlräume in der Formmasse zu beobachten, die womöglich durch Gasdruck entstanden

<sup>7</sup> Ähnlich verhält es sich bei den Gussformen QH 207/41 (Kat. 4.4) und QH 207/45 (Kat. 4.8).

sind. Ein größerer Hohlraum im Inneren des Formmantels, der nicht Bestandteil der zu gießenden Form war, endet in zahlreichen Rissen und Brüchen. Dies deutet auf eine starke Gasentwicklung während des Gusses hin (Abb. 7.22 links).<sup>8</sup>

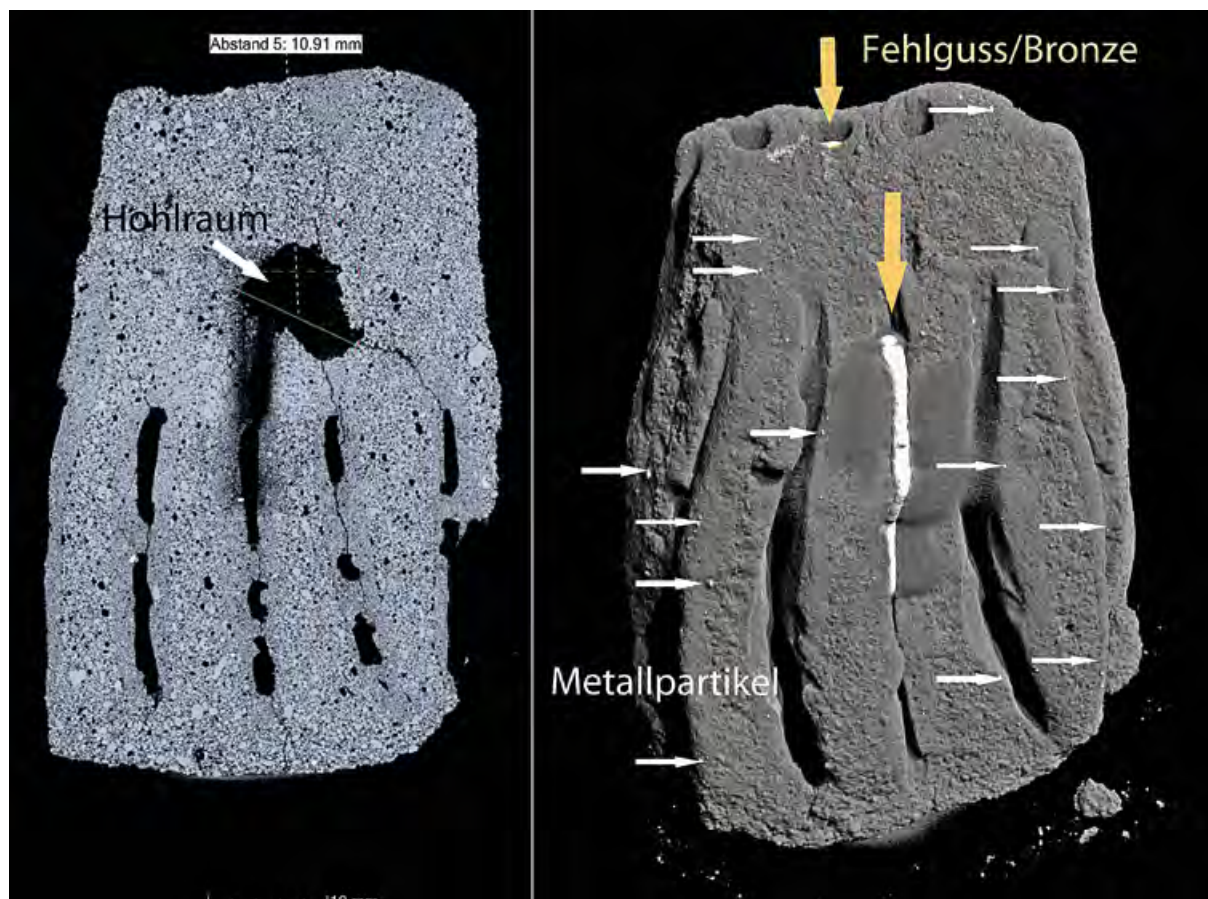


Abb. 7.22: Links: Schnittbild der Gussform QH 207/132 (Kat. 4.19) mit zahlreichen feinen Hohlräumen im Formmaterial, zudem ist ein großer Hohlraum mit 1 cm Durchmesser erkennbar. Rechts: Dreidimensionaler Teilabschnitt der Gussform QH 207/132 (Kat. 4.19) mit unvollständig ausgegossener Form (heller Bereich). Helle Partikel im gesamten Formmaterial entstanden durch Verunreinigung mit metallischen Werkstattabfällen (Pfeile) (Abb.: F. Willer/D. Meinel).

Wie die meisten Gussformen des Konvoluts zeigen auch die Schnittbilder dieser Gussform einen zweilagigen Aufbau der Formmasse (Abb. 7.23).

Während Bronze in den umkopierten Röntgenbildern als schwarze Zone in Erscheinung tritt (vgl. Abb. 7.5), wird sie in den  $\mu$ CT-Daten als heller Körper dargestellt. Die Untersuchung der Gussformen per  $\mu$ CT erlaubt darüber hinaus auch Aussagen über weitere Füllungen des inneren Hohlraums. So konnten in einigen Gussformen Wachsreste nachgewiesen werden (Abb. 7.11, 7.247.26, 7.28, 7.33–7.36). Bei der Gussform QH 207/56c (Kat. 4.18), die für den Guss eines Amuletanhängers bestimmt war, füllt das Wachs noch etwa 1/5 der unteren Gussform aus (Abb. 7.24).

8 Siehe Kapitel 8. *Beobachtungen zu Technologie und Werkverfahren.*

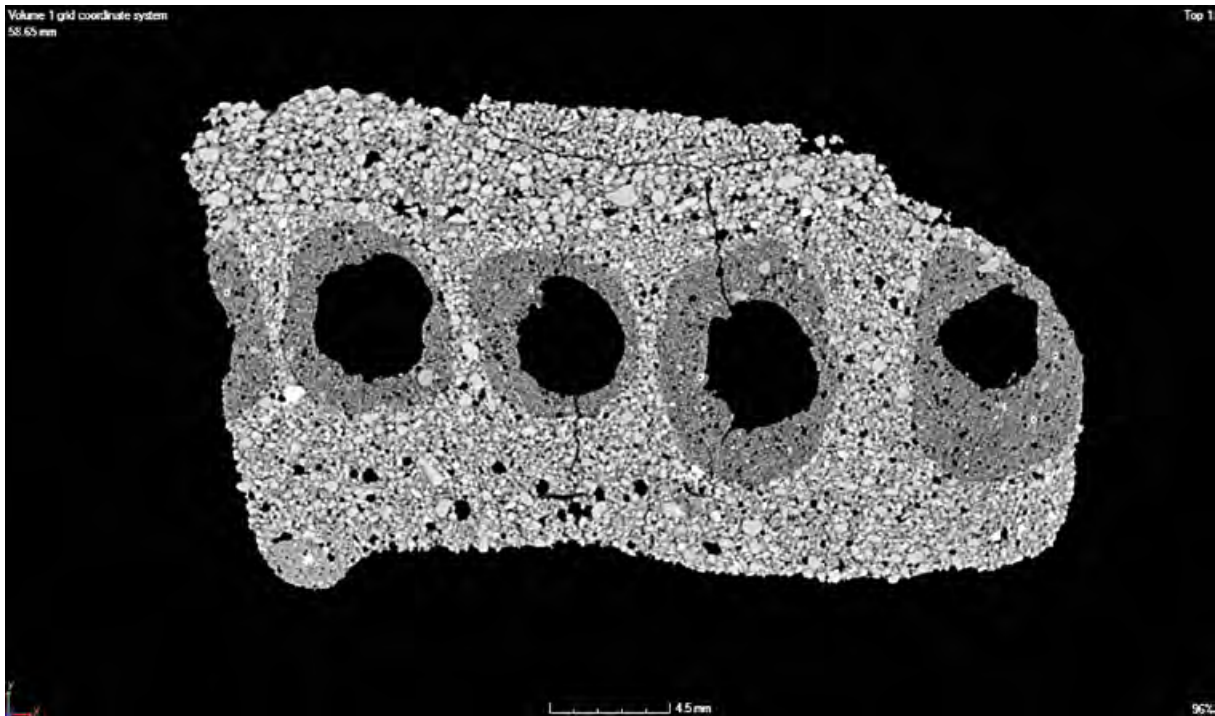


Abb. 7.23: Teilschnitt der Gussform QH 207/132 (Kat. 4.19) mit unterschiedlich stark gemagertem Formmaterial (innen fein, außen grob) (Abb.: D. Meinel).

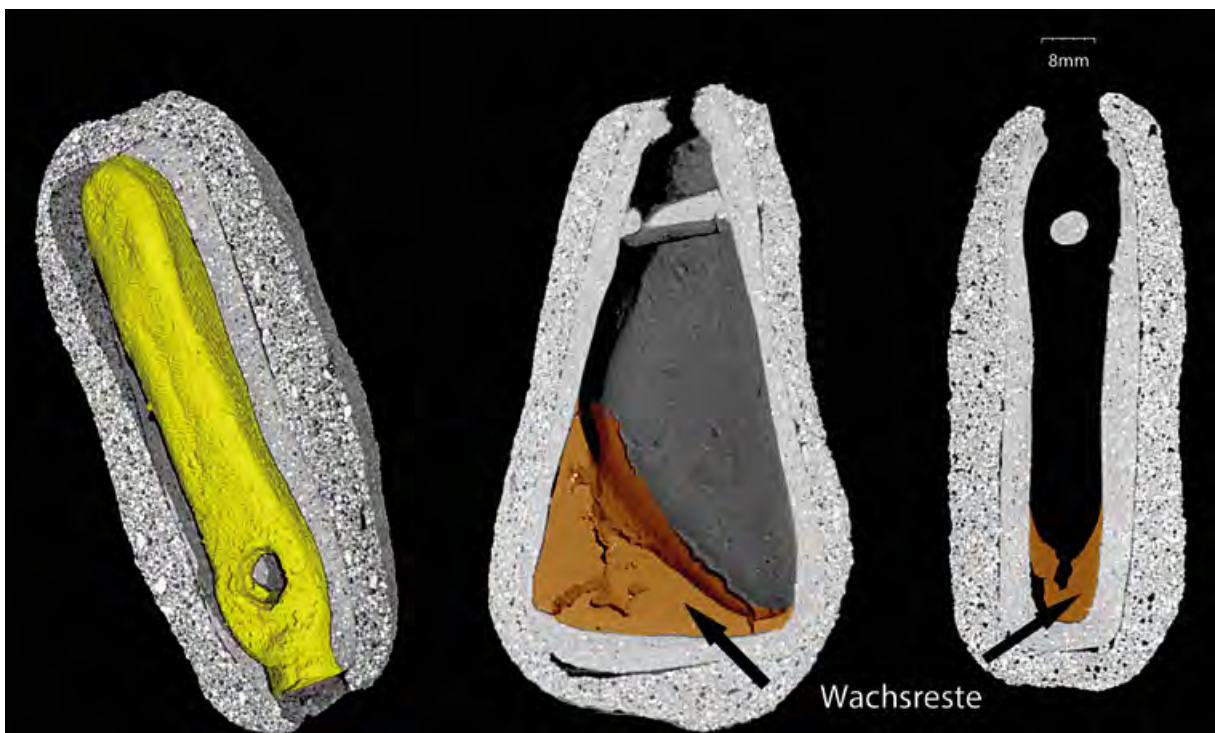


Abb. 7.24: 3D-Schnittbild durch die Gussform QH 207/56C (Kat. 4.18) für einen Schmuckanhänger (gelb eingefärbter Hohlraum). Im Inneren braun markiert die Reste des unvollständig ausgeschmolzenen Bienenwachses (Abb.: F. Willer/D. Meinel).

Das nicht vollständig ausgeschmolzene Wachs hat sich hier – wohl nach dem leicht gekippten Abstellen der Gussform – im unteren Bereich gesammelt. Bei einem Einguss mit Bronze wäre es vermutlich zu explosionsartiger Verdampfung des Wachses gekommen. In den Hohlräumen der beiden Gussformen QH 207/39 (Kat. 4.2) und 207/40 (Kat. 4.3), angelegt für den Guss von jeweils vier Osirisstatuetten, wurden sowohl Wachs- als auch Bronzefüllungen nachgewiesen (siehe Abb. 7.25–7.36).

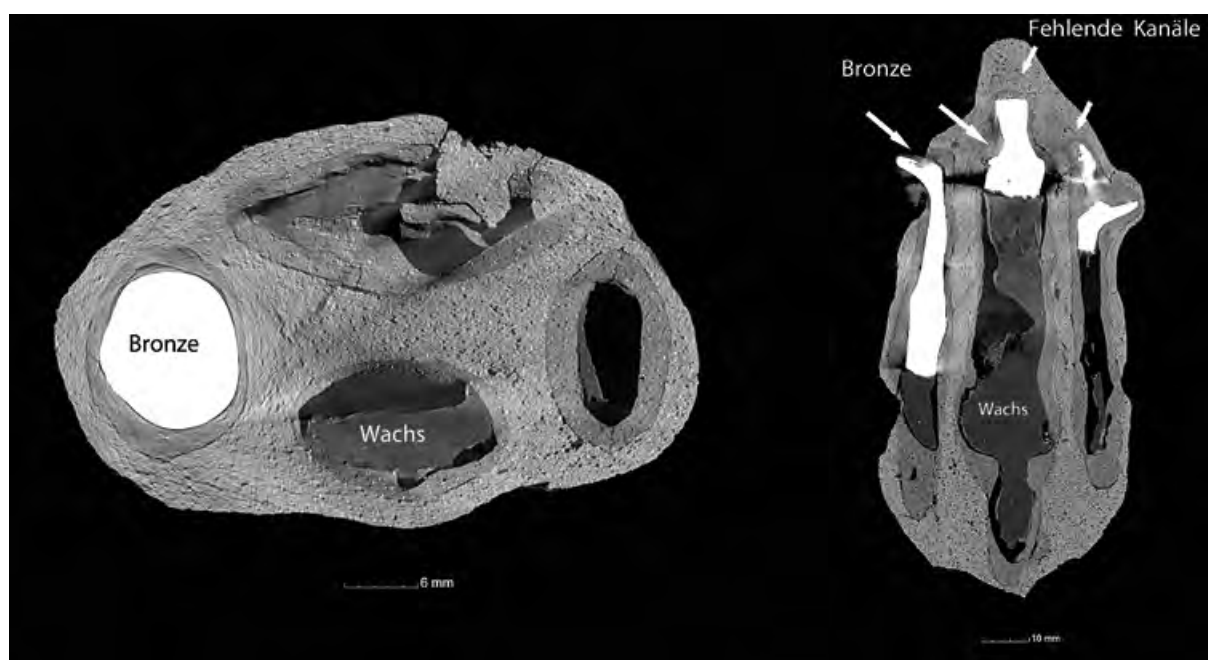


Abb. 7.25: Horizontaler sowie vertikaler Schnitt durch die Gussform QH 207/40 (Kat. 4.3) mit Füllungen aus Wachs (dunkelgrau), Bronze (hell) und Luft/Hohlraum (schwarz). Im zunächst vermuteten Eingussbereich oben rechts im Bild fehlen entsprechende Kanäle (Abb.: F. Willer/D. Meinel).

Auf den  $\mu$ CT-Aufnahmen ist zu erkennen, dass die Unterkörper bzw. Füße der Statuetten mit Bronze verfüllt sind, während die restlichen Körperpartien noch aus Wachs bestehen. Dies ließ zunächst auf einen Fehlguss schließen, der durch ein unvollständiges Ausschmelzen des Wachses oder eine zu geringe Menge an Gussbronze entstanden sein könnte. Runde Eingusszapfen an den Füßen der Statuetten schienen darauf hinzudeuten, dass die flüssige Bronze in diesen Bereichen in die Form eingegossen wurde. Doch fehlen die hierfür notwendigen Gusskanäle in der Formmasse, die zum Eingusstrichter hinführen müssten (Abb. 7.25 rechts oben). Stattdessen befinden sich diese auf der gegenüberliegenden Seite der Formen im Bereich der noch mit Wachs gefüllten Figurenoberkörper bzw. -köpfe (Abb. 7.26 c).

Dies schließt aus, dass die in den Unterkörperpartien erhaltene Bronze durch die mit Wachs gefüllten Eingusstrichter eingegossen wurde. Betrachtet man in diesem Zusammenhang die zum Wachs hinweisenden Enden der Bronzefüllungen, so fallen deren unregelmäßige, raue Stoßflächen auf, die Bruchkanten ähneln (vgl. QH 207/41/42/48/50 u. 56; Kat. 4.4; 4.5; 4.11; 4.12; 4.18) (Abb. 7.26 a und 7.27). Wäre die Menge der eingegossenen Bronze zu gering gewesen, hätte man hier, wie bei anderen Bronzen nachweisbar, gerundete Enden vorfinden müssen.

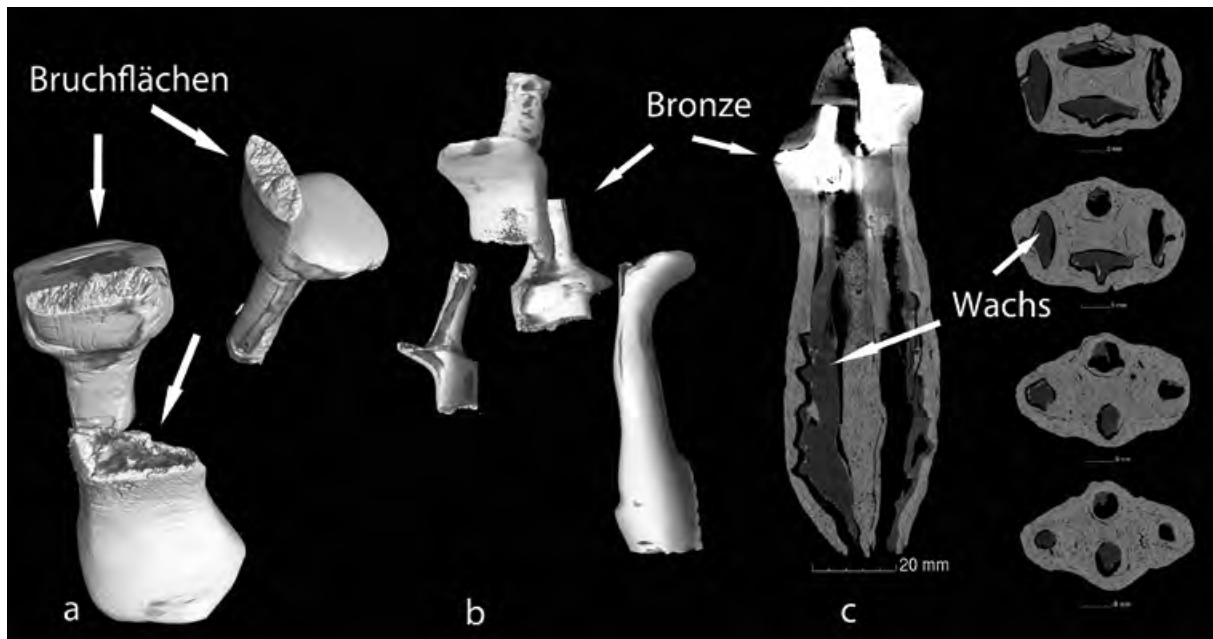


Abb. 7.26: Gussform QH 207/40 (Kat. 4.3), (a) Detailansicht der Bronze mit sichtbaren Bruchkanten, (b) alle freigestellten Bronzefragmente, (c) Schnittbilder mit erkennbaren Wachs- und Bronzefüllungen. Die Eingusskanäle liegen unten im Bereich der Köpfe (Abb.: F. Willer/D. Meinel).

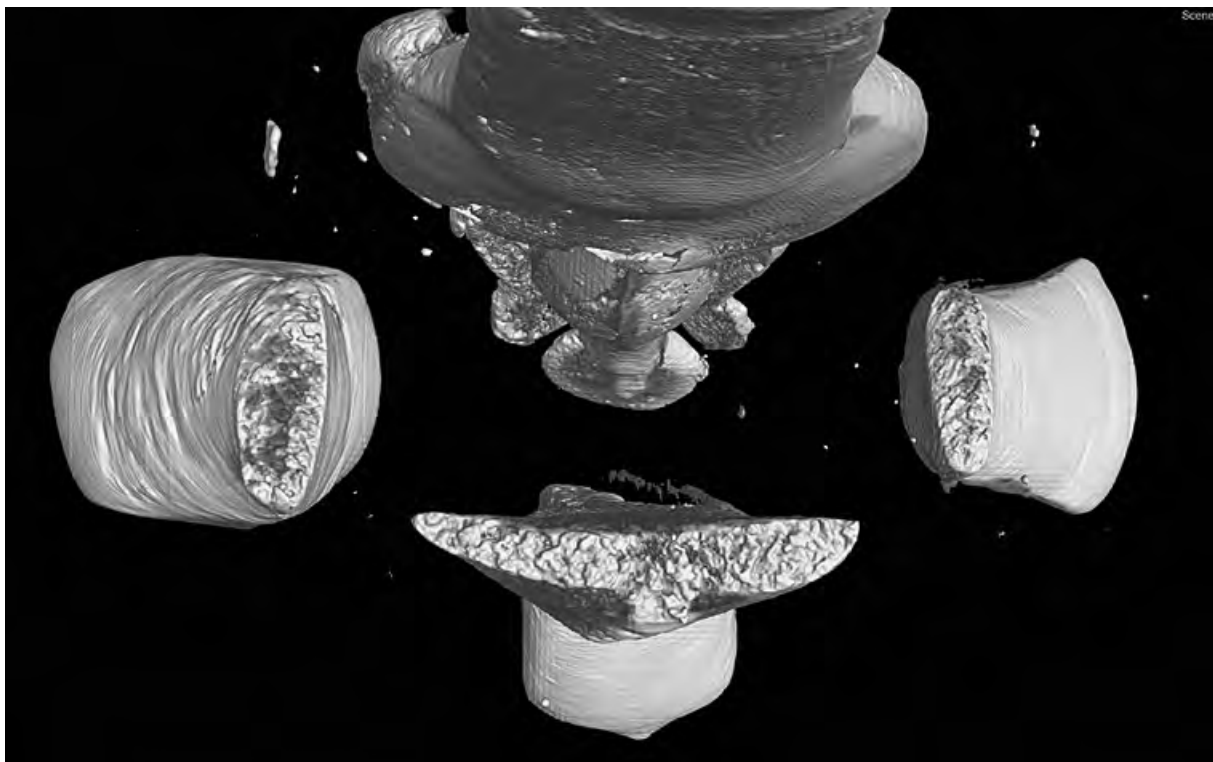


Abb. 7.27: Gussform QH 207/39 (Kat. 4.2) mit Detailansicht der freigestellten Bronze mit regelrechten Bruchflächen (Abb.: F. Willer).



Gerundete Formenden entstehen beim Erstarren der Schmelze, wenn sich die Bronzeoberfläche aufgrund des fehlenden Formdrucks und der starken Oberflächenspannung des Metalls gerundet zusammenzieht (vergleiche auch Abb. 7.11, 7.20, 7.36, 7.39 und 7.41 links).

Bruchmuster jedoch, wie sie hier dokumentiert werden können, deuten darauf hin, dass es sich nicht um Fehlgüsse handelte, sondern um Fragmente zerbrochener Statuetten, die im Angussverfahren, einer bislang wenig bekannten Reparaturtechnik, ergänzt werden sollten. Dazu wurden die fehlenden Körperpartien zunächst in Wachs nachmodelliert. Da das Angießen nach dem Wachs-ausschmelzverfahren erfolgen sollte, war es notwendig, die mit Wachs ergänzten Bronzefragmente zur Herstellung der Gussform mit Formmaterial zu ummanteln. Dieses Stadium des Arbeitsprozesses zeigen die beiden Tomographien der Gussformen QH 207/39 und 40 (Kat. 4.2; 4.3). In einem weiteren Arbeitsgang hätte man das Wachs ausschmelzen und die Form brennen müssen, um dann die Bronze in die entstandenen Hohlräume eingießen zu können. Im Idealfall hätte sich die Schmelze nach dem Erstarren mit den in den Gussformen bereits befindlichen Fragmenten zu vollständigen Figuren verbunden.

Dass es sich bei den Bronzefragmenten um die Überreste bestehender Statuetten, also „Altmaterial“ handelt, das durch ein erneutes Angießen mit Bronze instandgesetzt werden sollten, lässt sich an einem weiteren Detail nachweisen. So weist eines der Fußfragmente, welches an einer beschädigten Stelle der Gussform QH 207/40 (Kat. 4.3) sichtbar ist, auf der Oberfläche Reste einer Blattvergoldung auf. Diese konnte analytisch bestätigt werden.<sup>9</sup> Da alle antiken (wie auch modernen) Vergoldungstechniken, zu der auch die Blattvergoldung zählt, erst nach dem Guss erfolgen konnten, ist dies ein eindeutiger Nachweis für eine nachträgliche Weiterverwendung eines Statuettenteils im Rahmen eines Reparaturgusses.

Dass dieses Verfahren kein Einzelfall darstellt, sondern in der vorliegenden Werkstatt wohl häufiger Anwendung fand, belegt eindrucksvoll das Innere einer weiteren Gussform QH 207/39 (Kat. 4.2) (Abb. 7.28). Neben drei anzugießenden, massiven Fuß- bzw. Beinfragmenten von Osirisstatuetten ist in der Gussform eine aus drei bronzenen Bruchstücken (Kopf, Körper und Füße) zusammengesetzte Statuette zu erkennen.

Kopf und Körper, die Bruch an Bruch anzupassen scheinen und daher von derselben Statuette stammen dürften, wurden, wie die Schnittbilddarstellung belegt, mit einem 2 cm langen Vierkant-Metallstift im Inneren der hohl gegossenen Figur miteinander verbunden. Aufgrund der geringeren Absorptionsrate gegenüber der Bronze könnte es sich hierbei um einen geschmiedeten Eisenstift handeln (Abb. 7.29).

Die Bruchkante des Fußes scheint hingegen nach Auswertung der 3D- Ansichten nicht genau an den Körper anzupassen. Auch die Wandstärken an den Bruchkanten weichen geringfügig voneinander ab. Möglicherweise handelt es sich hier um das Fragment einer zweiten Statuette, welches den fehlenden Bereich ersetzen sollte. Es ist aber auch nicht auszuschließen, dass ein Teilstück der gebrochenen Figur fehlt, die das ungenaue Anpassen der Bruchstelle erklären könnte (Abb. 7.30).

---

9 Siehe Kapitel 8. *Beobachtungen zu Technologie und Werkverfahren.*



Abb. 7.28: Virtuell entferntes Formmaterial mit sichtbaren Osirisfiguren (Bronze und Wachs) in vier Ansichten (Gussform QH 207/39; Kat. 4.2) (Abb.: F. Willer).



Abb. 7.29: Freigestellte Ansichten der Gussform QH 207/39 (Kat. 4.2). Hohl gegossene Osirisstatuette mit gelb markierter Bruchsicherung (Vierkantmetallstift) sowie rot eingefärbten Versorgungskanälen aus Wachs für den geplanten Überfangguss (Abb.: D. Meinel).

Im Frühjahr 1969 wurde bei Ausgrabungen der Universität Bonn unter Leitung von Elmar Edel auf der Qubbet el-Hawa ein außergewöhnliches Depot mit Materialien einer antiken Gusswerkstatt gefunden. Im Zuge der Fundteilung gelangten die meisten Stücke des Konvolutes in das Ägyptische Museum der Universität Bonn und werden dort aufbewahrt.

Die Deponierung des für die Forschung zur antiken Metallurgie bisher einzigartigen Konvoluts geschah im Zuge der Nachnutzung von Grabanlagen aus dem Alten Reich (um 2100 v. u. Z.) in der ägyptischen Spätzeit (um 550–400 v. u. Z.). Das Depot enthält Objekte, die alle Fertigungsstufen von Metallgegenständen im Wachsausschmelzverfahren dokumentieren. Es wurden Stücke von Rohwachs sowie Wachsmodelle und die zu deren Herstellung genutzten Negativformen gefunden. Weiterhin enthielt es vollständige Gussformen, die in einem aufwendigen Mehrschalenverfahren hergestellt wurden und teilweise bereits für den Guss ausgebrannt worden sind. Schließlich zählen einige Metallfiguren sowie weitere figürliche Objekte zum Konvolut, die alle in den Bereich einer kunsthandwerklichen Werkstatt deuten. Eine Besonderheit stellen zudem Gussformen dar, in denen Fragmente von Metallfiguren zur Reparatur im Überfangguss vorbereitet waren.

Das Depot wurde in der Gesamtpublikation der Bonner Grabungen bisher nur summarisch vorgestellt. 2014/15 initiierten die Abteilung Ägyptologie der Universität Bonn und das LVR-LandesMuseum Bonn unter Ludwig D. Morenz und Michael Schmauder ein gemeinsames und von der Fritz-Thyssen-Stiftung gefördertes Forschungsprojekt, das von Martin Fitzenreiter, Johannes Auenmüller und Frank Willer geleitet wurde. In Kooperation mit Dietmar Meinel (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin/BAM, Fachbereich 8.5 Mikro-ZfP), Roland Schwab (Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie gGmbH, Mannheim), Gerwulf Schneider (FU Berlin, Exzellenzcluster TOPOI), Ursula Baumer und Patrick Dietemann (beide Doerner-Institut/München), Thorsten Geisler-Wierwille (Steinmann Institut für Geologie, Mineralogie und Paläontologie der Universität Bonn) sowie Ursula Tegtmeier (Labor für Archäobotanik der Universität Köln) wurden die Objekte des Konvolutes eingehend und mit zeitgemäßen Verfahren untersucht. Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts werden in dieser Publikation vorgelegt.