

# GRUNDSÄTZLICHE ÜBERLEGUNGEN ZUR EDITION DES BESTANDES AN MÜNZEN DER FAU ALS FREI ZUGÄNGLICHE DATENBANK IM WWW

MARTIN BOSS, ANDREAS M. MURGAN, FRANK BAUER UND MATTHIAS GÖBBELS

## 1 Geschichte und Forschungsstand der Münzsammlungen der FAU

Die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg besitzt, obwohl bislang weniger bekannt, eine der umfangreichsten Münzsammlungen an Universitäten im deutschsprachigen Raum überhaupt. Ihre traditionsreichen Bestände umfassen allein in Bezug auf die Münzen der Klassischen Antike neben kleineren Schenkungen vor allem die Sammlungen Will und Gerlach, in der jüngeren Vergangenheit die Sammlung Sinogowitz<sup>1</sup>. In den letzten Jahren war durch die Ilse und Ulrich Zwicker Stiftung nochmals ein erheblicher Zuwachs von deutlich über 20.000 Exemplaren zu verzeichnen<sup>2</sup>. Neben diesen Sammlungen, die heute der Universitätsbibliothek zugeordnet sind, verwahrt die Antikensammlung zudem die Sammlung Heerdegen<sup>3</sup>.

Für diese Masse an Münzen fehlt bislang eine grundlegende, die einzelnen Sammlungen umfassende und vor allem vollständige Publikation. Die Veröffentlichungen beschränken sich auf einzelne „Insellösungen“ wie diejenige der Sammlung Sinogowitz<sup>4</sup> oder die Münzkataloge der Sammlung Zwicker ab den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts<sup>5</sup>, die zwar auch die älteren Bestände der Universitätsbibliothek in drei Bänden mit erfasst, aber selbst nicht über die frühe Kaiserzeit hinausreicht und somit nach

1 H. O. Keunecke: Die Sammlungen der Universitätsbibliothek, in: Die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg 1743–1993. Geschichte einer deutschen Hochschule, Erlangen 1993, S. 575–588, bes. S. 585–588.

2 <https://www.fau.de/2012/09/news/panorama/kostbare-munzsammlung-steht-fur-forschung-und-lehre-zur-verfugung/> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

3 O. Seel, P. R. Franke: Die Münzsammlung des Institutes für Klassische Philologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, in: AA 167,1 (1967), S. 64–92.

4 M. Boss, L. Hofmann: Die Münzen des Byzantinischen Reiches in der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg, Erlangen 2007.

5 U. Zwicker: Katalog der Münzen in der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg, Bände 1–9 (Schriften der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg Bände 31–39), Erlangen 1992–2000.

knapp der Hälfte des zur Veröffentlichung vorgesehenen Bestandes durch den Tod des alleinigen Bearbeiters Ulrich Zwicker im Jahre 2010 abbricht. Alle diese Bemühungen sind bislang auf die Herausgabe als gedrucktes Buch beschränkt und folgen auch in ihrer Form den traditionellen Münzkatalogen mit einer knappen typologischen Einordnung und einer Abbildung der beiden Münzseiten. Im Falle der von Zwicker verfassten Kataloge sind dies Schwarzweißabbildungen im Maßstab 1:1; bei der Vorlage der Münzen der Sammlung Sinogowitz wurde zudem versucht, durch digitale Aufnahmetechniken und einen wesentlich größeren Maßstab der Abbildungen und durch Farbwiedergabe die ikonographischen Details wie die Besonderheiten der Oberflächen besser sichtbar und nachvollziehbar zu machen. Eine wichtige Besonderheit der Kataloge von Zwicker ist die fortschrittliche und genaue Materialanalyse durch Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) der verwendeten Metalle – jeweils mit einem erklärenden Anhang im Katalogband.

## 2 Anknüpfungspunkte für die Zukunft

Die wissenschaftliche Bearbeitung mit einem zusätzlichen Schwerpunkt auf den werkstoffkundlichen Analysen ist ein Alleinstellungsmerkmal der Erlanger Münzsammlungen und liegt in der Person von Ulrich Zwicker selbst begründet, der zur Gründergeneration der 1966 gestarteten Technischen Fakultät und des neuen Studienganges Werkstoffwissenschaften gehörte. Dieser Forschungsansatz sollte bei der jetzt anstehenden Neuvorlage der Münzsammlungen der FAU fortgeführt und erweitert werden. Zugleich sollte er durch die Beobachtung der antiken handwerklichen Verfahren erweitert und ergänzt werden.

Die Edition eines solch umfangreichen Bestandes wie dem der Münzsammlungen der FAU mit zeitgemäßen Mitteln ist nur als Datenbank vorstellbar; hier kann zwar sicher der Onlinekatalog des Berliner Münzkabinetts als Maßstab gelten<sup>6</sup>, wenngleich er die besondere werkstoffkundliche und verfahrenstechnische Komponente, die für Erlangen zu fordern wäre, nicht – oder nicht ausreichend beinhaltet. Aus diesem Grunde hat sich die FAU, Antikensammlung wie UB, dem Forschungsprojekt NUMiD angeschlossen, zu dessen Zielen es gehört, die universitären Münzsammlungen im deutschsprachigen Raum miteinander zu vernetzen und übergreifend online verfügbar zu machen. Darüber hinaus muss die digitale Erfassung der Erlanger Münzbestände aber auch einerseits zu den Inventarsystemen der UB wie andererseits auch zur digitalen Erfassung der sonstigen Objekte in den unterschiedlichen Sammlungen der FAU kompatibel sein. Hier hat sich gerade eine Arbeitsgruppe gebildet, die das WissKI-System als Virtual Research Environment (VRE) verwendet, die als DFG Projekt in einem Forschungsverbund der FAU

6 <http://ww2.smb.museum/ikmk/> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

mit dem Germanischen Nationalmuseum Nürnberg (GNM) und dem Zoologischen Forschungsmuseum Alexander Koenig (ZFMK) entwickelt worden ist<sup>7</sup>.

### 3 Beispiele neuer Untersuchungsmethoden und deren Folgen

Auch die Onlinedaten des Münzkabinetts der Staatlichen Museen Stiftung Preußischer Kulturbesitz zu Berlin sind in ihrer Struktur immer noch den althergebrachten Karteikartensystemen der typologischen Einordnung verbunden und gehen wenig darüber hinaus – man bemerkt dies schon im Frontend bei der Anzeige der Suchergebnisse: Die erstellte Seite ist zweigeteilt, einerseits in die photographische Wiedergabe der Münze und andererseits in eine textbasierte Liste mit grundlegenden Informationen einschließlich weiterführender Literatur; konsequenterweise lässt sich diese Information tatsächlich wie eine Karteikarte in einer analogen Registratur auch so ausgeben. Informationen wie zur Dicke der Münze, zur Höhe des Bildreliefs oder zur Stellung der Stempel von Vorder- und Rückseite zueinander sind auf ein Minimum begrenzt oder gar ganz weggelassen. Gerade hier aber muss eine zeitgemäße Münzforschung ansetzen.

So kann schon eine ausführliche ikonographische Analyse nach Erwin Panofsky<sup>8</sup> zu neuen Deutungen führen, vorausgesetzt, die photographischen Aufnahmetechniken zeigen ein hinreichend detailgetreues Bild. Als Beispiel könnte hier die Münze Z 419 aus der Sammlung Zwicker dienen, die jetzt in einen anderen, späteren Zeitraum datiert werden darf und deren Bildaussage entsprechend anders zu lesen ist (Abb. 1+2). Es ist eben keine Münze aus der Zeit des Dionysios II von Syrakus, sondern aus der Zeit des Agathokles<sup>9</sup>. Es ist wohl auch keine Dodekalitra, sondern, wie in Größe und Gewicht vergleichbare und zeitgleiche Goldmünzen aus dem ptolemäischen Ägypten, aller Wahrscheinlichkeit nach ein Trihemiobol<sup>10</sup>.

3-D Scans vermögen genaueren Aufschluss über die angewendeten handwerklichen Verfahren der Antike zu geben (Abb. 3-7)<sup>11</sup>. So lässt sich ausschließlich im digitalen Modell zerstörungsfrei ein ganzes Bündel grundsätzlich verschiedener und zum Teil mehr-

7 <http://wiss-ki.eu/> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

8 E. Panofsky: Ikonographie und Ikonologie. Bildinterpretation nach dem Dreistufenmodell, Köln 2006.

9 M. Boss: Eine kleine Goldmünze aus Syrakus, in: R. und S. Nawracala (Hrsg.): Polymatheia. Festschrift für Hartmut Matthäus, Aachen 2015, S. 57–62.

10 Vgl. einen Trihemiobol Berenike II, derzeit in Privatbesitz Ilse Zwicker. U. Zwicker: Katalog der Münzen in der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg, Band 7, Erlangen 1998, S. 24 f. Z2616.

11 M. Boss, B. Breuckmann, M. Göbbels: Auf der Spurensuche des Handwerks zum Prägen antiker Münzen unter Einsatz von höchstauflösenden digitalen 2D- und 3D-Modellen, in: Konferenzband EVA 2012 Berlin Elektronische Medien & Kunst, Kultur, Historie, 7. – 9. November 2012, 19. Berliner Veranstaltung der internationalen EVA-Serie Electronic Imaging & the Visual Arts, Berlin 2012, S. 73–78.

stufiger Vorgehensweisen scheiden, die alle Bereiche der Herstellung einer Münze vom Guss der Schrötlinge bis zum Prägevorgang umfassen. Sie offenbaren erhebliches handwerkliches Wissen, ein hohes Maß an Übung gepaart mit Meisterschaft in der Metallbearbeitung, die bei einigen Münzen wie denen der Stadt Metapont auch von den Zeitgenossen so nicht erreicht werden konnte. Zudem lassen sich Informationen wie die Dicke der Münze im Verhältnis zu den Bildseiten oder die Stellung der Stempel (Abb. 8) wie auch ihre Lage zueinander in allen drei Raumdimensionen unmittelbar verbildlichen.

Digital aneinandergefügte Bilderserien aus dem Rasterelektronenmikroskop wie auch gleicherart gewonnene Bilder aus der Rückstreuung der Elektronen (Abb. 9–12) können sowohl Erkenntnisse über die Bewegung des Metalls unter der Einwirkung der Prägestempel als auch Dichteunterschiede im Metall des verarbeiteten Schrötlings enthüllen. Dieses Verfahren ist derzeit in der Erprobung und liefert verlässliche Ergebnisse bislang nur bei römischen Denaren mit einer relativ geringen Reliefföhe der Prägung und weitgehend planar zueinander stehenden Stempeln. Sie zeigen aber heute schon, dass durch die Wiederverwendung von Altsilber als Rohmaterial für die Schrötlinge von Schmelzen mit Fremdmetallanteilen auszugehen ist, die bei der Erstarrung zu inhomogenen, mehrphasigen Gefügen führten. Somit vermag eine Materialanalyse an einem einzigen Punkt kein verlässliches Ergebnis zur Herkunft des Silbers zu geben. Desgleichen würden bei einer zerstörerischen Beprobung durch Anbohren keine Gefügeinformationen zu erhalten sein. Die gesamtchemische Untersuchung der Bohrspäne würde zu keinen aussagefähigen Ergebnissen führen und deshalb zur Herkunftsbestimmung ebenfalls untauglich sein. Deshalb ist hier eine zusätzliche praktisch zerstörungsfreie Untersuchung durch Electron Probe Micro Analysis (EPMA)<sup>12</sup> notwendig, die an mehreren Stellen und auf beiden Seiten der Münzen durchgeführt werden sollte, um so einen dreidimensionalen Eindruck der Metallzusammensetzung der Münze zu gewinnen.

#### 4 Fallbeispiel einer Didrachme aus Gela<sup>13</sup>

Unter der Nummer Z 406 (Abb. 13–14) liegt in den Beständen der Sammlung von Ulrich Zwicker die ungewöhnliche Münze einer Didrachme aus Gela, die nicht aus massivem Silber besteht, sondern aus einem subaeraten Kern mit einer dünnen, erstaunlich reinen silbernen Plattierung. Die RFA Analyse lässt zudem einen nur wenig durch Eisen und Blei verunreinigten Kupferkern erkennen, auf dem in zwei Schichten das Silber aufgebracht ist. U. Zwicker hat aufgrund des mikroskopisch beobachteten eutektischen Erstarrungsge-

12 Boss [Anm.11], S. 78 mit Abb. 6.

13 U. Zwicker: Katalog der Münzen in der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg Band 3. Keltische und Griechische (Italien, Sizilien) Münzen (Sammlung Zwicker Teil 1), Erlangen 1995, S. 136 f. S. 211 Z 406.

füges geschlossen, dass dies bei Temperaturen oberhalb von 750° Celsius geschehen sein muss; das wäre aber noch deutlich unterhalb des eigentlichen Schmelzpunktes von Silber bei 962° Celsius. Der Herstellungsprozess ist heute wohl am ehesten einer Pulverbeschichtung zu vergleichen.

Welche Folgen hat eine solche Beobachtung für die Deutung der Münze? Bislang wird die Existenz solcher Münzen zumeist mit Notlagen begründet, in denen ein Mangel an Edelmetall ausgeglichen werden musste. Die Materialanalysen legen dagegen ein sehr aufwendiges Verfahren nahe, das nur durch Meister der Metallverarbeitung durchgeführt werden konnte: Goldschmiede etwa, die mit den verschiedensten Aufschmelztechniken wie der Granulation und deren Tücken vertraut waren und die das Schmelzverhalten der verschiedenartigen Metalle durch Flussmittel zu lenken wussten. Dies würde wiederum bedeuten, dass der scheinbaren Minderwertigkeit der im Kern unedlen Münze ein schwer zu beherrschendes und entsprechend teures handwerkliches Verfahren gegenübersteht. Gerade dieser Aufwand aber hebt diese Münzen von denen der Nachbarn Gelas ab. Sie dürfen deshalb wohl als frühe und überaus fortschrittliche Beispiele dafür gelten, dass hier nicht der Materialwert des Silbers, sondern der durch zwei Punkte angegebene Nominalwert galt. Dies aber kann nur ein selbstbewusstes und starkes Gemeinwesen garantieren.

## **5 Konsequenzen für eine Online-Edition der Münzbestände der FAU**

Um diese rechnergestützten Visualisierungen wie die Materialanalysen online verfügbar zu machen, muss gegenüber der bisher gebräuchlichen Darstellungsweise wie im Online-Katalog des Münzkabinetts zu Berlin zunächst der Bereich der bildlichen Dokumentation erheblich erweitert und um einen Downloadbereich ergänzt werden.

Im nächsten Schritt sollten das Bild und die erweiterten Daten als eigenständige Informationsträger erkannt und erfasst werden und nicht – wie bisher – darauf limitiert sein, den textbasierten Eintrag zu belegen. Da Suchanfragen bislang ausschließlich die qualitativ-hermeneutisch bestimmten und verschlagworteten Einträge durchsuchen, ist man damit vom Urteilsvermögen und der Sorgfalt des Bearbeiters – oder von der Qualität der übernommenen analogen Inventareinträge – abhängig; eine Überprüfung auf Vollständigkeit und Richtigkeit ist dabei genauso wenig gewährleistet wie die Falsifizierbarkeit der Suchergebnisse. Hinzu kommt, dass oftmals die Wahl passender Schlagworte bei der Suche durch Synonyme und bedeutungsähnliche Begriffe erschwert wird. Nur eine Erfassung des tatsächlichen Inhalts der digital vorliegenden Informationen – und damit ihrer Bedeutung – ermöglicht eine Befreiung von der ausschließlichen Abhängigkeit der Verschlagwortung. Dies könnte durch eine Ähnlichkeitssuche in den Bilddateien

selbst geschehen, eine Funktion, wie sie heute schon auf den bildbasierten Plattformen der Social Media wie Pinterest oder bei Suchmaschinen wie Google<sup>14</sup> angeboten wird.

Ähnliches gilt für die Bereitstellung und die Durchsuchbarkeit der Messprotokolle der Metallanalysen nach ähnlichen Materialkombinationen und Legierungen. Zudem ist die Bereitstellung aller Rohdaten, seien sie aus einer werkstoffkundlichen Analyse oder einer optischen Erfassung gewonnen, im Sinne einer überprüfbaren wissenschaftlichen Transparenz geboten.

Natürlich wird ein Schwerpunkt auch weiterhin auf einer geregelten Erfassung der Münzen nach gleichbleibenden Kriterien liegen, die in eine entsprechende Beschlagwortung münden. Schon aus Gründen der Kompatibilität innerhalb der einzelnen Einrichtungen und Sammlungen der FAU ist der Einsatz der Wissenschaftlichen Kommunikationsinfrastruktur (WissKI)<sup>15</sup> geboten, einer an der FAU entwickelten Plattform zur Datenerfassung für wissenschaftliche Belange. Die in die WissKI eingegebenen Daten werden nicht, wie oft üblich, in einer relationalen Datenbank erfasst, sondern in sog. Tripeln, kurzen Aussagen im Subjekt-Prädikat-Objekt-Schema. Mithilfe einer hierarchisch strukturierten Ontologie, dem »Comité international pour la documentation Conceptual Reference Model« (CIDOC CRM)<sup>16</sup> des »International Council of Museums« (ICOM)<sup>17</sup>, kann jedem Tripel-Datensatz seine Bedeutung maschinenlesbar hinterlegt werden. Hierdurch werden die so erfassten Daten im Sinne des Semantic Web kompatibel für die Anforderungen der Linked Open Data<sup>18</sup>; Datenbanken verschiedenster Institutionen können so weltweit verzahnt werden und ermöglichen Ausgaben auf Suchanfragen über eigenen Sammlungsgrenzen hinaus<sup>19</sup>.

## 6 Möglichkeiten der digitalen Vorlage der Münzsammlungen der FAU

Die Vorlage des Gesamtbestandes an Münzen der FAU ist natürlich kein Vorhaben, das innerhalb weniger Jahre oder gar Monate zum Abschluss zu bringen ist. Vielmehr soll durch WissKI eine solide Grundlage für eine Virtuelle Forschungsumgebung im Wortsinne geschaffen werden, bei der durch künftige wissenschaftliche Untersuchungen die Wissens-

14 <https://blog.pinterest.com/en/our-crazy-fun-new-visual-search-tool> [letzter Aufruf: 20.12.2016] und <https://engineering.pinterest.com/blog/introducing-automatic-object-detection-visual-search> [letzter Aufruf: 20.12.2016] oder <https://www.google.com/intl/es419/insidesearch/features/images/searchbyimage.html>; <https://cloud.google.com/vision/> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

15 <http://wiss-ki.eu/> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

16 <http://www.cidoc-crm.org/> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

17 <http://icom.museum/> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

18 T. Berners-Lee: Linked Data, <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html> hochgeladen am 27.07.2006, aktualisiert am 18.06.2009 [letzter Aufruf: 20.12.2016].

19 Beispielsweise <http://www.nomisma.org/> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

grundlage kontinuierlich erweitert und fortgeschrieben werden kann, ohne an bestimmte Bearbeiter gebunden zu sein. Diese Wissenschaftliche Kommunikationsinfrastruktur kann man sich auch als eine Art Wiki<sup>20</sup> zu den einzelnen aufgenommen Objekten vorstellen, sodass damit auch die unterschiedlichsten Forschungsergebnisse, seien sie nur aus naturwissenschaftlich-technischen Beobachtungen, typologisch oder aber in ikonographischer Methode gewonnen, auf derselben Plattform vorgelegt werden können.

Hierzu könnte das AERIA-Projekt der Antikensammlung als Vorbild dienen, das im zwanzigsten Jahr seines Bestehens mittlerweile zu den traditionsreichsten Datenquellen in der Klassischen Archäologie gehört und das lange nach Ende der eigentlichen Förderung als Drittmittelprojekt bis heute fortgeführt und in seinem Datenbestand ständig erweitert wird<sup>21</sup>. Seine mittlerweile veraltete zugrundeliegende Struktur wird derzeit ebenfalls mit WissKI zu einer echten Virtuellen Forschungsumgebung umgebaut und erneuert.

Die Kontinuität des Vorhabens zu den Münzen der FAU ist durch die Existenz der Ilse und Ulrich Zwicker Stiftung an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg gewährleistet, zu deren Pflichten es gehört, den Bestand der wissenschaftlichen Forschung zu öffnen und zugänglich zu halten.

Das Projekt wird jetzt seit dem 7. November 2016 durch das BMBF über die DLR im Rahmen »eHeritage«-Förderprogrammes<sup>22</sup> unterstützt.

20 <http://wiss-ki.eu/theory> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

21 <http://www.aeria.phil.uni-erlangen.de/aeriahome.html> [letzter Aufruf: 20.12.2016];

[http://www.aeria.phil.uni-erlangen.de/varia\\_html/aeria\\_projekt.html](http://www.aeria.phil.uni-erlangen.de/varia_html/aeria_projekt.html) [letzter Aufruf: 20.12.2016].

22 <https://www.bmbf.de/de/kulturelles-erbe-und-forschungsmuseen-746.html> [letzter Aufruf: 20.12.2016];  
<https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1197.html> [letzter Aufruf: 20.12.2016].

## Abbildungen

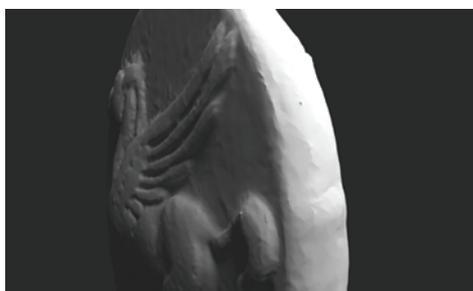
**Abb. 1** Z 419, Goldmünze des Agathokles; Vorderseite mit Alexander<sup>23</sup>.



**Abb. 2** Z 419, Goldmünze des Agathokles; Rückseite mit Quadratum Incusum und Arethusa.



**Abb. 3** Slg Heerdegen Nr. 46, Stater aus Syrakus, Detailansicht des 3. Modelles mit Abdruck der Trennkante der Gußformen für den Schrötling<sup>24</sup>.



23 U. Zwicker: Katalog der Münzen in der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg Bd. 3. Keltische und Griechische (Italien, Sizilien) Münzen (Sammlung Zwicker Teil 1), Erlangen 1995, S. 140 f.

24 Seel, Franke: [Anm. 3], S. 73–74 Nr. 46.

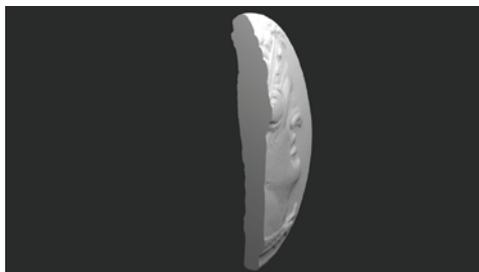
**Abb. 4** Slg. Heerdegen Nr. 99, Tetradrachme aus Athen, Detailansicht des 3-D Modelles zur Verdeutlichung des mehrstufigen Prägeprozesses, abzählbar an den Kanten des rechteckigen Rückseitenstempels und der unterschiedlich gerichteten Doppelschläge<sup>25</sup>.



**Abb. 5** Slg. Heerdegen Nr. 19, Stater aus Metapont, Schnitt des 3-D Modelles<sup>26</sup>. Die notwendige genaue Ausrichtung der Stempel zueinander setzt eine Führung ähnlich einem Fallwerk voraus.



**Abb. 6** Slg. Heerdegen Nr. 199, Tetradrachme Ptolemaios II, Schnitt des 3-D Modelles<sup>27</sup>. Nutzung einer Kombination von konvexen und konkaven Prägestempeln.

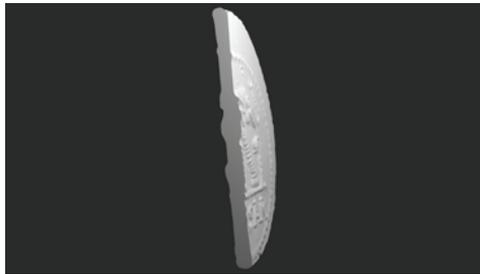


25 Seel, Franke: [Anm. 3], S. 78–79 Nr. 99.

26 Seel, Franke: [Anm. 3], S. 69–70 Nr. 19.

27 Seel, Franke: [Anm. 3], S. 88–89 Nr. 199.

**Abb. 7** Slg. Heerdegen Nr. 282, Denar des Gaius Julius Caesar, Schnitt des 3-D Modells<sup>28</sup>. Maschinengestützter einstufiger Prägevorgang in einer Presse.



**Abb. 8** Slg. Heerdegen Stater Nr. 36 aus Kroton, Visualisation der Stempelstellungen<sup>29</sup>.



**Abb. 9** Slg. Heerdegen Nr. 282, Denar des Gaius Julius Caesar, Vorderseite als Mosaik aus Bildern des Rasterelektronenmikroskopes.



28 Unpubliziert.

29 Seel, Franke: [Anm. 3], S. 71–71 Nr. 36.

**Abb. 10** Slg. Heerdegen Nr. 282, Denar des Gaius Julius Caesar, Detail vom Perlrand in einer Aufnahme des Rasterelektronenmikroskopes; Spuren von Materialquetschungen durch die Formkanten der Stempel.



**Abb. 11** Slg. Heerdegen Nr. 282, Denar des Gaius Julius Caesar, Vorderseite als Mosaik aus Bildern des Elektronenrückstreusonde.



**Abb. 12** Slg. Heerdegen Nr. 282, Denar des Gaius Julius Caesar, Detail mit dunkler erscheinenden Metallzusammensetzung veränderter Dichte in einer Aufnahme der Elektronenrückstreusonde.

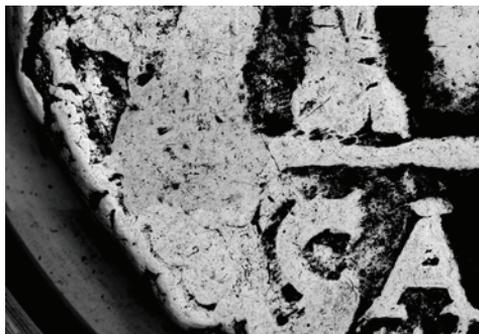


Abb. 13 Z 406 Silberdidrachme aus Gela, Vorderseite.



Abb. 14 Z 406 Silberdidrachme aus Gela, Rückseite.



## Abbildungsnachweis

**Abb. 1:**

M. Boss: Eine kleine Goldmünze aus Syrakus, in: R. und S. Nawracala (Hrsg.): Polymatheia. Festschrift für Hartmut Matthäus, Aachen 2015, S. 57-62 Abb. 1.

**Abb. 2:**

Ebendort Abb. 2.

**Abb. 3:**

Rendering Lehrstuhl Graphische Datenverarbeitung (Informatik 9 ) der FAU.

**Abb. 4:**

M. Boss, B. Breuckmann, M. Göbbels: Auf der Spurensuche des Handwerks zum Prägen antiker Münzen unter Einsatz von höchstauflösenden digitalen 2D- und 3D-Modellen, in: Konferenzband EVA 2012 Berlin Elektronische Medien & Kunst, Kultur, Historie, 7. – 9. November 2012, 19. Berliner Veranstaltung der internationalen EVA-Serie Electronic Imaging & the Visual Arts, Berlin 2012, S. 73-78 Abb. 2.

**Abb. 5:**

Rendering Lehrstuhl Graphische Datenverarbeitung (Informatik 9 ) der FAU;  
3-Datensatz Breuckmann.

**Abb. 6:**

Rendering Lehrstuhl Graphische Datenverarbeitung (Informatik 9 ) der FAU;  
3-Datensatz Breuckmann.

**Abb. 7:**

Boss, Breuckmann, Göbbels a.a.O. Abb. 5.

**Abb. 8:**

Rendering Lehrstuhl Graphische Datenverarbeitung (Informatik 9 ) der FAU;  
3-Datensatz Breuckmann.

**Abb. 9:**

Aufnahme M. Göbbels, Geozentrum Nordbayern, Lehrstuhl für Mineralogie.

**Abb. 10:**

Boss, Breuckmann, Göbbels a.a.O. Abb. 6 links.

**Abb. 11:**

Aufnahme M. Göbbels, Geozentrum Nordbayern, Lehrstuhl für Mineralogie.

**Abb. 12:**

Boss, Breuckmann, Göbbels a.a.O. Abb. 6 rechts.

**Abb. 13:**

Photo UB.

**Abb. 14:**

Photo UB.