

NUMMIS

SCHWEIZER MÜNZBLÄTTER

Gazette numismatique suisse • Gazzetta numismatica svizzera



Mani Hurter: **Notiz zu Kyzikos** • Nick/Diaz
Tabernero: **Neutronenradiographie in der
Fundmünzen-Numismatik** • Schriften-
verzeichnis Martin Lory • Berichte

September 2007 / Heft 227

Zur Anwendung der Neutronenradiographie in der Fundmünzen-Numismatik

Michael Nick
José Diaz Tabernero

Nicht alle Münzen, die aus dem Boden kommen, liegen als einzelne Stücke vor, deren Münzbild allein durch restauratorische Massnahmen wieder sichtbar gemacht werden kann. Bisweilen finden sich auch Ensembles, die als solche erhalten werden sollen. Sie bestehen zumeist aus zu einem Klumpen korrodierten oder zusammengeschmolzenen Münzen. Aber auch zu erhaltende organische Reste können die Identifizierbarkeit des Münzbildes beeinträchtigen. In solchen Fällen stehen oftmals die Erfordernisse im Hinblick auf Konservierung und Ausstellung der Objekte gegen das Streben nach wissenschaftlichem Erkenntnisgewinn.

Das Inventar der Fundmünzen der Schweiz (IFS), die Archäologische Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt, die Kantonsarchäologie Luzern, das Schweizerische Landesmuseum (SLM) sowie die Kantonsarchäologie Zug liessen jeweils entsprechende Objekte vom NEUTRA-Team des Paul-Scherrer-Instituts (PSI) in Villigen AG untersuchen¹. Die hierbei angewendete Methode der Neutronenradiographie ist dazu geeignet, dichte Materialien wie Metalle völlig zerstörungsfrei zu durchdringen. Eine Variante stellt die Neutronentomographie dar, bei der die Objekte von verschiedenen Winkeln mit Neutronen beschossen werden. Auf der Basis der hierbei gewonnenen Daten können virtuelle 3-D-Modelle erstellt werden, an denen – statt am Objekt selbst – Schnitte gelegt werden können, um das Innere zu erkunden. Je nach Fragestellung und Ensemble erbrachte die Methode jedoch unterschiedlich zufriedenstellende Ergebnisse, die im Folgenden vorgestellt werden sollen.

Die Potinklumpen von Zürich (Untersuchung 2001)



Abb. 1: Die beiden «Potinklumpen» von Zürich und einige mitgeführte Fragmente und Münzen. Der grosse Klumpen ist ca. 45 cm lang.

Die 1890 in Zürich gefundenen Potinklumpen stellen ein Ensemble von ungefähr 17 200 bis 18 000 zusammengeschmolzenen spätlatènezeitlichen Potinmünzen dar². Es setzt sich aus zwei grossen Klumpen zu 59,2 kg und 14,9 kg, sowie einer Anzahl Fragmente und einzeln gefundenen Münzen zusammen (Abb. 1). Das

- 1 Wir möchten uns insbesondere bei den Herren Eberhard Lehmann und Peter Vontobel vom PSI für die Zusammenarbeit bedanken.
- 2 Siehe hierzu ausführlich: M. NICK, *Anderthalb Zentner keltisches Kleingeld. Neue Forschungen zum «Potinklumpen» von Zürich*, SNR 83, 2004, S. 97–124.

äussere Erscheinungsbild der Klumpen ist sehr homogen, was durch die Metallanalysen an der Oberfläche bestätigt wurde. Demnach bestehen die Klumpen zur Hauptsache aus einer Kupferlegierung mit hohen Anteilen an Zinn, wie sie für Potinmünzen üblich ist. Diese Metallmasse ist durchsetzt mit Partikeln von verkohltem Holz bzw. Holzkohle.

Neben Potinmünzen liefen in den spätlatènezeitlichen Siedlungen der Nord- und Westschweiz in der Regel aber auch Münzen aus Edelmetall, besonders Quinare aus Silber, um. Es stellte sich deshalb die Frage, ob sich allenfalls solche im Inneren der Klumpen befinden. Ein Zersägen der Objekte – obwohl vom untersuchenden Team diskutiert – kam aus konservatorischen Gründen nicht in Betracht, da die Potinklumpen in die Dauerausstellung des SLM integriert werden sollten. Eine an der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt (EMPA) in Dübendorf ZH zunächst durchgeführte Computertomographie brachte keine



Abb. 2: Neutronenradiogramm des grossen Potinklumpens von Zürich.

befriedigenden Resultate hinsichtlich der formulierten Fragestellung, da das Material zu dicht war und die Röntgenstrahlung die Objekte nicht völlig durchdringen konnte. Die am PSI eingesetzten Neutronen konnten die beiden Klumpen hingegen problemlos durchstrahlen. Mit Hilfe der Neutronenradiographie können Materialien unterschieden werden, die im Röntgenbild kaum differenzierbar wären, dies gilt im Falle der Potinklumpen besonders für Edelmetalle. Wenn letztere in den Objekten vorhanden wären, hätten sie sich deutlich von der Kupferlegierung abheben müssen. Die mittels der Neutronenradiographie erzeugten Bilder zeigen jedoch eine recht einheitliche dunkelgraue Färbung, die sich an den Stellen etwas aufhellt, an denen das Metall nicht ganz so dicht ist (Abb. 2). Es ist deshalb davon auszugehen, dass die Klumpen auch in ihrem Inneren aus Buntmetall und verkohltem Holz bzw. Holzkohle bestehen.

Zwei karolingische Denare aus Baar ZG (Untersuchung 2005)

In Grab 32 des frühmittelalterlichen Gräberfeldes im Bereich der Zugerstrasse in Baar ZG kamen bei Notgrabungen 1998 zwei Silbermünzen zutage³. In ein feines Leinengewebe gewickelt, waren diese dem Toten einst in den Mund gelegt worden. Aufgrund von Ausbrüchen im Gewebe sind Teile der Rückseitenlegende

³ B. HORISBERGER et. al., Bestattungen des 6./7. Jh. aus dem früh- bis spätmittelalterlichen Gräberfeld Baar ZG-Zugerstrasse, JbSGU 87, 2004, S. 163–214; bes. S. 168, mit Abb. 6–7, und S. 190.

einer der beiden Münzen zu erkennen (Abb. 3). Zunächst erfolgte eine Röntgenaufnahme, so dass die Stücke grob als karolingische Denare angesprochen werden konnten. Die Identität des Münzherrn blieb aber weiterhin im Dunkeln. Auch in diesem Fall sollte das Ensemble zusammen mit den Stoffresten erhalten wer-



Abb. 3: Ansicht des Münzensembles aus Baar mit den anhaftenden Stoffresten.

den, so dass eine Neutronentomographie die beste Möglichkeit darstellte, weitere Informationen zu gewinnen. Das PSI erzeugte aufgrund der gewonnenen Daten ein 3-D-Modell des Ensembles, durch das anschliessend virtuelle Schnitte parallel zu den Münzoberflächen gelegt wurden. Als Vorteil erwies sich hierbei die Tatsache, dass die Münzen exakt parallel übereinander liegen (Abb. 4), so dass beide Stücke im selben Winkel geschnitten werden konnten. Auf diese Weise gelang es, Bilder aller vier Münzoberflächen zu erhalten (Abb. 5)⁴. Da die Gepräge sehr flach sind, können die Münzbilder nicht vollkommen voneinander getrennt werden. Dennoch ist es möglich, die Münzen nun exakt zu bestimmen. Es handelt sich bei beiden Stücken um so genannte CHRISTIANA RELIGIO-Denare Ludwigs des Frommen, die in der Zeit von 822/823 bis 840 geprägt wurden (Abb. 6).

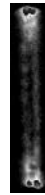


Abb. 4: Im Neutronentomogramm sind deutlich die beiden parallel übereinanderliegenden Münzen zu sehen.

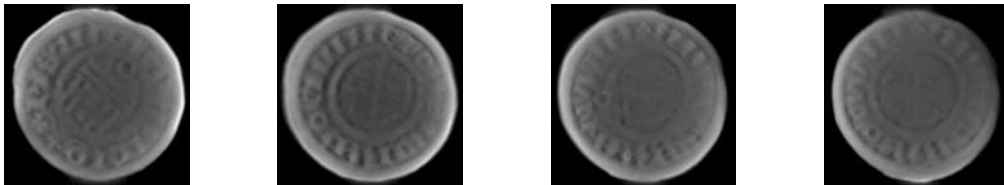


Abb. 5a–d: Die vier Seiten der beiden Münzen aus Baar im Neutronentomogramm. Die Darstellungen der zweiten Münze sind nicht so deutlich wie jene der ersten, da sich hier die jeweils angrenzenden Münzseiten im Neutronentomogramm miteinander vermischen.



Abb. 6: Baar. Vorderseite der ersten Münze mit richtig orientierter Legende: [+]HLVDOVVICV[].

Eine Börse mit neuzeitlichen Münzen aus der Franziskanerkirche in Luzern (Untersuchung 2005)

Die guten Ergebnisse, die an den beiden karolingischen Münzen aus Baar gewonnen werden konnten, waren für das IFS Anlass, dem PSI weitere Objekte zur Analyse vorzulegen. Im Sommer 2005 wurde deshalb ein zusammenkorrodiertes Ensemble neuzeitlicher Münzen untersucht. Dieses kam 1987 bei archäologischen Untersuchungen in einem Grab in der Franziskanerkirche in Luzern zum Vorschein. Das Ensemble besteht aus einem grösseren Klumpen

4 Abb. 5a: Rückseite der ersten Münze mit Tempel und darunter einem Ring, Legende: +PISTIANARIICIO; b: Vorderseite der ersten Münze mit Kreuz und spiegelverkehrter Legende: [+]HLVDOVVICV[]; c: Rückseite der zweiten Münze mit Tempel und darunter einem Ring, sich überlappende Legende von zwei Seiten; d: Vorderseite der zweiten Münze mit Kreuz und spiegelverkehrter Legende: +HLVDOVVICV[S]IIP.

(ca. 52–58 mm) und mehreren kleinen davon abgesplitterten Fragmenten⁵. Da viele der Münzoberflächen des grossen Klumpens (Abb. 7) entweder von anderen Münzen abgedeckt oder von Korrosion beeinträchtigt sind, bot sich die Anfertigung eines Neutronentomogramms an, um weitere Anhaltspunkte zur Bestimmung der Münzen zu gewinnen.



Abb. 7: Ansichten des Hauptfragmentes des Münzensembles aus Luzern.

Vor der Bestrahlung des Hauptklumpens wurde ein Katalog der Münzen erstellt, inklusive der sichtbaren Legenden und Bilder. Dies war möglich, da die Prägungen so miteinander korrodiert sind, dass alle mit blosssem Auge wenigstens partiell sichtbar sind. Es handelt sich um 27 Prägungen des 17. und 18. Jahrhunderts aus Kupfer, Billon und Silber.

Eine Neutronentomographie lieferte die Rohdaten für die Rekonstruktion. In der Ansicht erscheinen die guten Silbermünzen dunkel, die Billonmünzen grau und die Kupfermünzen fast transparent (Abb. 8). Die Silbermünzen heben sich mit starkem Kontrast von den Kupfermünzen ab, da Silber einen rund viermal grösseren linearen Schwächungskoeffizienten für thermische Neutronen besitzt. Waren optisch zwei Stücke als französische Silbermünzen erkennbar, war dies bei einem dritten mit blosssem Auge nicht zu entscheiden. Dank der Tomographie konnte nun nachgewiesen werden, dass das Ensemble lediglich zwei Silbermünzen enthält.

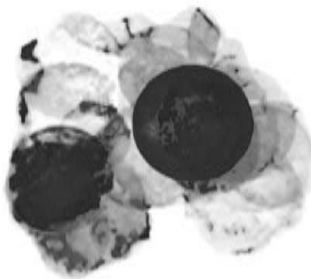


Abb. 8: Neutronentomogramm des Hauptfragmentes. Zwei Silbermünzen erscheinen dunkel und sind deutlich erkennbar. Billonmünzen werden grau, Kupfermünzen fast durchsichtig dargestellt.

⁵ Ein ausführlicher Bericht zu diesem Fund ist kürzlich erschienen: J. DIAZ TABERNERO, Ein neuzeitliches Münzenensemble aus der Franziskanerkirche in Luzern, SNR 85, 2006, S. 151–168.

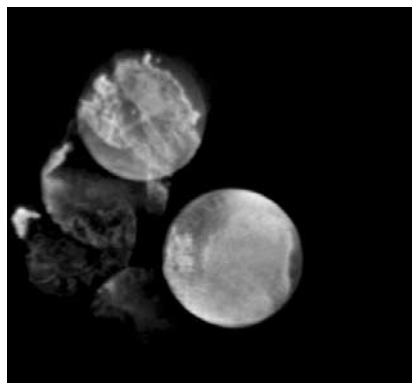


Abb. 9: Obwohl die für den Betrachter sichtbare Rückseite fast vollständig von einer anderen Münze bedeckt war, konnte sie genau identifiziert werden: DOMINE SALVVM FAC REGEM. Die tomographische Aufnahme zeigt Teile der Vorderseitenlegende: LV]D XIV auf der rechten unteren Münze.

Durch Drehen des virtuellen 3-D-Modells im Raum konnten im Weiteren an ausgewählten Münzen parallel zur Münzoberfläche Schnitte gelegt und nach Merkmalen von Legende und Bild abgesucht werden. Die teilweise schlechte Erhaltung und die innerhalb des Ensembles meist gegeneinander verkippte Lage der einzelnen Münzen erschwerte dieses Unterfangen jedoch beträchtlich. Lediglich im Falle zweier Münzen brachten die Schnitte weiteren Informationsgewinn. Bei einem Stück konnten Teile der Vorderseitenlegende (LVDXIV) gelesen werden (Abb. 9, Münze 4); bei einem anderen erlaubte die Identifizierung der Darstellung von zwei kreuzähnlich erscheinenden Szeptern auf der Rückseite die genauere Ansprache des Münztyps (Abb. 10, Münze 15).

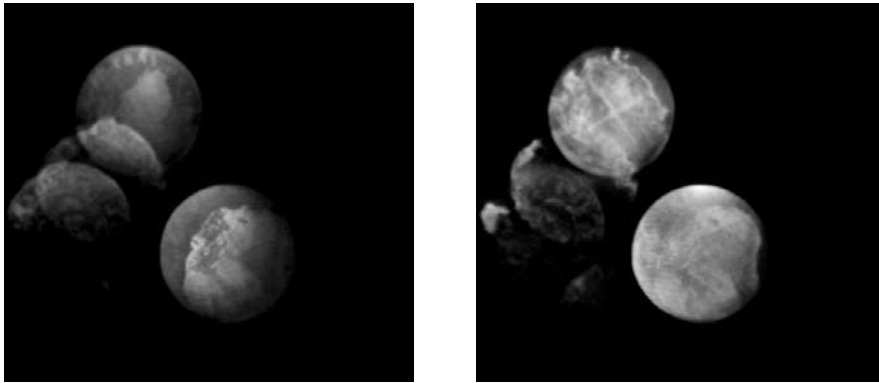


Abb. 10: Auf der ersten tomographischen Aufnahme ist das Porträt des französischen Königs erkennbar (obere Münze), diese Seite liegt im Münzfragment fast vollständig frei. Die zweite Aufnahme zeigt die gekreuzten Szepter der Rückseite, die eine genauere Ansprache des Münztyps erlaubte (obere Münze).

Als Fazit der Untersuchung ist festzuhalten, dass sie punktuell zwar wertvolle Daten liefern konnte, weiterführende Ergebnisse wären jedoch nur mit grossem Aufwand zu erzielen. Dies gilt vor allem für das Legen der Schnittebenen, die aufgrund der verkippten Lage der Münzen zueinander immer wieder angepasst werden müssen. Weiterhin erschwert die heterogene Zusammensetzung (Silber, Billon und Kupfer) das Lesen und Auswerten der Bilder, besonders für das ungewohnte Auge, da die Münzen wegen ihrer verschiedenen Dichte unterschiedlich dargestellt werden. Andererseits lassen sich genau aus demselben Grund Edelmetalle von anderen Metallen unterscheiden. Auch die teilweise schlechte Erhaltung (Korrosion) stellt eine Erschwernis bei der Auswertung dar. Beim vorliegenden Objekt stellt sich deshalb die Frage, ob die erhaltenen Mehrinformationen den Zeit- und Geldaufwand rechtfertigen. Eine klare Fragestellung ist in jedem Fall unabdingbar.

Trotz der bei dem Münzklumpen aus der Luzerner Franziskanerkirche gemachten Erfahrung, dass die Schnittebenen im Falle von in verschiedenen Winkeln zueinanderliegenden Münzen nicht einfach zu setzen sind, wollten wir nochmals einen Versuch wagen, und zwar mit keltischen Potinmünzen. Die Ausgangsbasis schien uns in diesem Fall etwas erfolgversprechender, da diese Münzen einerseits ein sehr hohes Relief besitzen und andererseits das im Folgenden vorzustellende Ensemble ausschliesslich aus einheitlichem Material besteht.

Eine Börse aus der keltischen Siedlung von Basel-Gasfabrik (Untersuchung 2006)

Während der Grabung in der Fabrikstrasse 40, Sandozbau 446 (1996/1) stiessen die Ausgräber 1996 im Verlauf der Untersuchung von Grube 321 auf zwei menschliche Skelette⁶. Nur ca. 50 cm nördlich vom Kopfende eines der beiden Skelette lag in der Grube ein kleiner Metallklumpen auf ungefähr derselben Höhe. Die Restaurierung zeigte, dass es sich hierbei um mehrere zusammengebackene Potinmünzen handelt. Durch die Entfernung der Korrosion liegt der Klumpen heute in drei Fragmenten zu zwei (Fragment 2) und je drei Münzen (Fragmente 1 und 3) vor (Abb. 11–12). Von sechs Münzen sind jeweils so viele Bildelemente sichtbar, dass sie alle als Sequanerpotins der Gruppe A bestimmt werden können⁷.



Abb. 11: Basel-Gasfabrik. Die drei Fragmente der Börse aus Grube 321. Von links nach rechts: Fragmente 1, 2 und 3.

6 Zum archäologischen Befund siehe P. JUD/N. SPICHTIG, Vorbericht über die Grabungen 1996 im Bereich der spälatènezeitlichen Fundstelle Basel-Gasfabrik, Jahresbericht der Archäologischen Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt 1996 (Basel 1998), S. 17–30; bes. S. 18–22; zu der Münzbörse siehe M. NICK, Zwei Tote und eine Handvoll Geld. Zum Fund einer Börse in der keltischen Siedlung von Basel-Gasfabrik, Jahresbericht der Archäologischen Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt 2006 (in Vorbereitung).

7 Die Typenansprache erfolgt nach M. NICK, Die keltischen Münzen vom Typ «Sequanerpotin». Eine Studie zu Typologie, Chronologie und geographischer Zuweisung eines ostgallischen Münztyps, Freiburger Beiträge zur Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends 2 (Rahden/Westfalen 2000).



Abb. 12: Basel-Gasfabrik. Rekonstruierte Ansichten der ursprünglichen Zusammensetzung der drei Fragmente.

Die beiden an den Aussenseiten von Fragment 1 anhaftenden Münzen können aufgrund der sichtbaren Vorderseiten genauer dem Typ A2 zugeordnet werden, während die mittlere Münze unbestimmt bleiben muss. Auch eine Münze von Fragment 3 war aufgrund der starken Korrosion der konvexen Vorderseite und der weitgehenden Abdeckung der Rückseite durch eine weitere Münze nicht ohne weiteres zu bestimmen. Da das Münzensemble nicht weiter freigelegt, sondern als Börse erhalten werden soll, erklärte sich das PSI freundlicher-

weise bereit, ein Neutronentomogramm der beiden Fragmente 1 und 3 anzufertigen. Die gewonnenen Daten wurden wiederum in ein 3-D-Modell umgesetzt (Abb. 13), an dem virtuell Schnitte gesetzt werden konnten, um die verdeckten Bildseiten der beiden Münzen sichtbar zu machen. Bei der mittleren Münze aus Fragment 1 hatten wir jedoch wenig Erfolg mit dieser Methode, da hier die Korrosion mögliche vorhandene Bildstrukturen vollkommen verunklart. Hingegen war bei der Rückseite der teilweise freiliegenden Münze aus Fragment 3 (Abb. 14) für das geübte Auge deutlich das «pferdeähnliche» Tier, wie es für die Sequanerpotins der Gruppe A typisch ist, zu erkennen (Abb. 15).

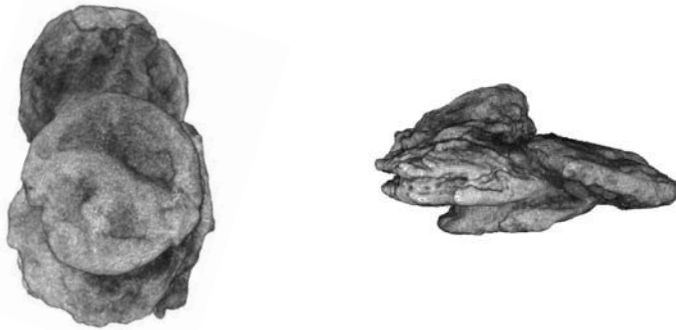


Abb. 13: Basel-Gasfabrik. Virtuelles 3-D-Modell des Fragmentes 3 von oben (links) und von der Seite (rechts).



Abb. 15: Umzeichnung einer Potinmünze des Typs Sequaner A2/3.



Abb. 14: Basel-Gasfabrik. Virtueller Schnitt durch das 3-D-Modell parallel zur Oberfläche der von beiden Seiten verdeckten Münze. In Umrissen zeichnet sich die typische Rückseitendarstellung der Sequanerguppe A ab. Zu erkennen ist der hintere Teil des Tieres sowie das Hinterbein mit Bodenlinie.

Angesichts des hohen Reliefs der Potinmünzen⁸ hatten wir allerdings klarere Ergebnisse erwartet. Beim Setzen der Schnitte erwies sich die Tatsache als erschwerend, dass die Münzen nicht parallel zueinander liegen, was einen höheren Arbeitsaufwand bedeutet, um eine grössere Anzahl von Schnittbildern parallel zur Münzoberfläche zu erzeugen. Problematischer jedoch war die dichte Korrosion, die sich vom festen Metall praktisch nicht unterscheiden liess. Sicherlich könnte man diese aus dem virtuellen Bild herausrechnen, doch standen uns hierzu weder die Zeit noch die Mittel zur Verfügung. Als Fazit aus dieser Untersuchung können wir festhalten, dass das Verfahren bei Münzen mit hohem Relief zwar empfehlenswert ist, jedoch eher bei Edelmetall- als bei korrosionsanfälligen Buntmetallmünzen.

8 Dies gilt nur für die flachen Rückseiten, die Vorderseiten sind nämlich konvex und deshalb in einem Schnitt nicht in ihrer vollen Ausdehnung zu erfassen.

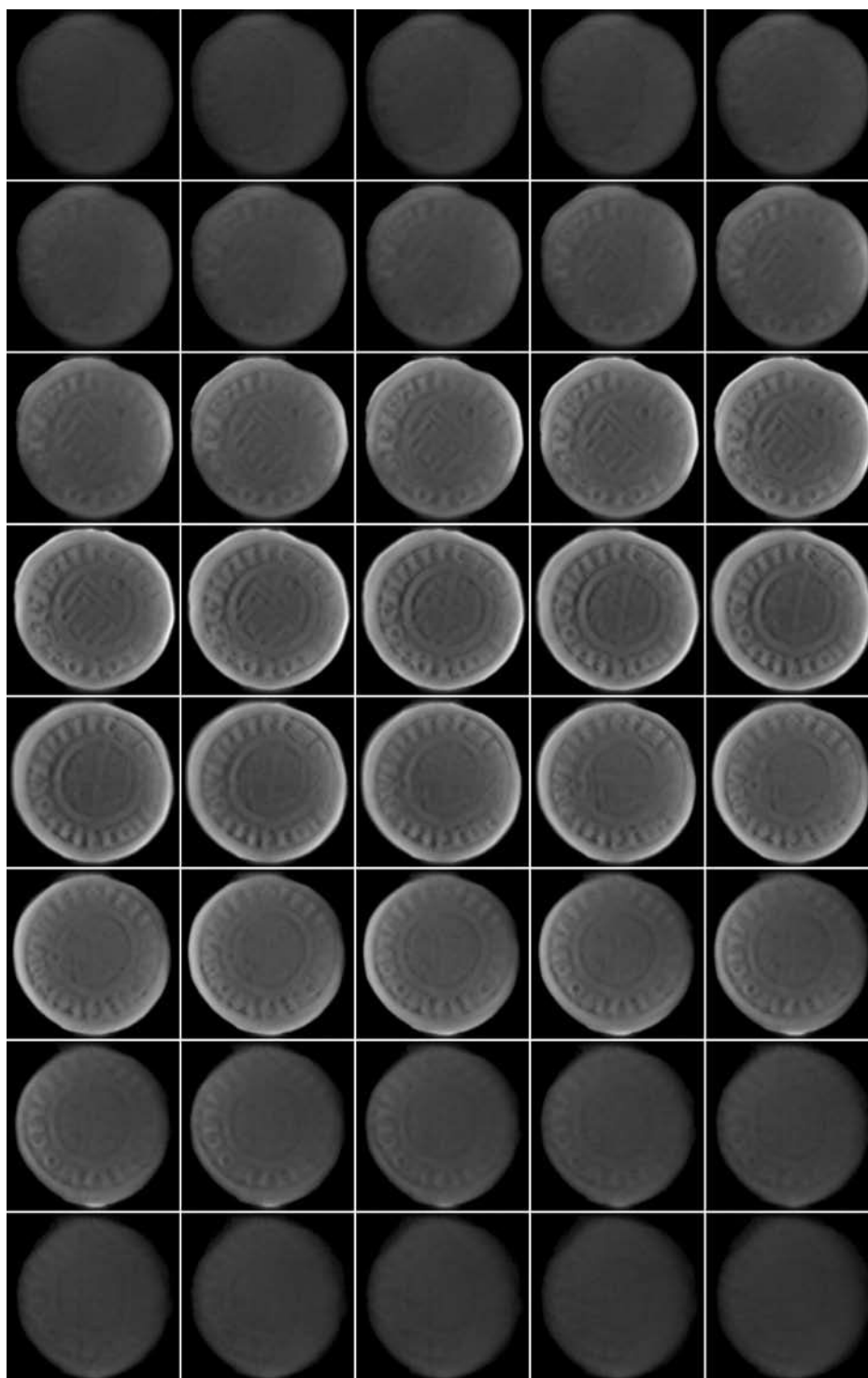


Abb. 16: Die Serie der Schnittbilder an den beiden karolingischen Münzen aus Baar zeigt wie unter idealen Bedingungen der Einsatz der Neutronentomographie zu weiterem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn beitragen kann: Die Münzen liegen exakt parallel zueinander, die Bilder werden nicht durch Korrosionsprodukte beeinträchtigt, das Relief der Münzen ist sehr hoch.

Zusammenfassung

Anhand der beiden Potinklumpen von Zürich konnte gezeigt werden, dass die Untersuchung mittels Neutronenradiographie für besonders massive Objekte aus Metall geeignet ist, bei denen die Röntgenstrahlung an ihre Grenzen stösst. Trotz der Dichte des Materials konnten die Neutronen die Objekte vollständig durchdringen und Aufschluss über die innere Zusammensetzung der Klumpen geben. Ebenso empfiehlt sich die Methode bei weitgehend unkorrodierten Münzen, die ein hohes Relief aufweisen. Im Falle der beiden karolingischen Denare aus Baar konnten mit der Neutronentomographie sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Da die beiden Münzen exakt parallel zueinander liegen, war es hier möglich, mehrere aufeinander folgende Schnitte im selben Winkel zu legen, um so Aufschluss über die Darstellungen der vier Münzbilder zu erlangen (Abb. 16). Weniger befriedigend waren hingegen die Untersuchungen an den korrodierten Potinmünzen aus Basel-Gasfabrik. Zwar weisen diese Münzen ein hohes Relief auf, doch durch die starke Korrosion wurden die Schnittbilder verunklart. Sicherlich wären in diesen Fällen bessere Ergebnisse zu erzielen, wenn man die Korrosion aus den virtuellen Modellen herausrechnet. Doch erfordert dies einen sehr hohen Arbeitsaufwand, und es sollte im Einzelfall abgewogen werden, ob dieser gerechtfertigt ist. Die Untersuchung der korrodierten neuzeitlichen Münzen aus Luzern, welche überdies nur ein sehr flaches Relief aufweisen, erbrachte zwar weiteren Erkenntnisgewinn, doch stellt sich auch hier die Frage, ob Aufwand und Ertrag in angemessener Relation stehen.

Wir hoffen, mit diesem Beitrag ein grösseres Publikum für die Methode der Neutronenradiographie bzw. -tomographie interessiert zu haben. Das NEUTRA-Team am Paul-Scherrer-Institut ist jederzeit aufgeschlossen für die Untersuchung weiterer archäologischer Funde.

Abbildungsnachweis:

Abb. 1: Schweizerisches Landesmuseum Zürich.

Abb. 2, 4–6, 8–10, 13–14, 16: PSI

Abb. 3: Kantonsarchäologie Zug.

Abb. 7: Kantonsarchäologie Luzern (Lucian Heer).

Abb. 11–12: Archäologische Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt (Philippe Saurbeck).

Abb. 15: Nick (Anm. 7) Taf. 1.

Dr. Michael Nick

José Diaz Tabernero

Inventar der Fundmünzen der Schweiz (IFS)

Aarberggasse 30 / Postfach 6855

CH-3001 Bern