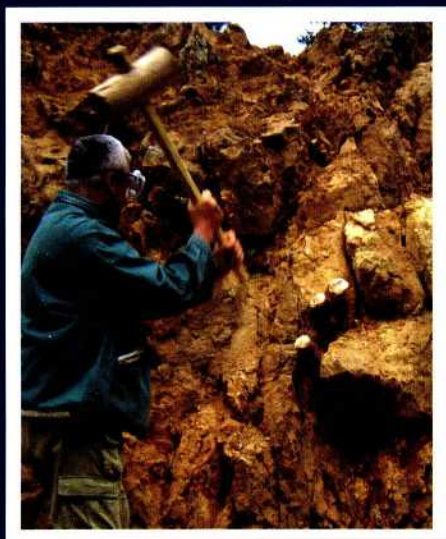


EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE

in Europa

BILANZ 2014



EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN EUROPA
BILANZ 2014
Heft 13

Herausgegeben von Gunter Schöbel
und der Europäischen Vereinigung zur
Förderung der Experimentellen
Archäologie / European Association for
the advancement of archaeology by
experiment e.V.

in Zusammenarbeit mit dem
Pfahlbaumuseum Unteruhldingen,
Strandpromenade 6,
88690 Unteruhldingen-Mühlhofen,
Deutschland



EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE
IN EUROPA
BILANZ 2014



Unteruhldingen 2014

Gedruckt mit Mitteln der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie / European Association for the advancement of archaeology by experiment e.V.

Redaktion:	Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller, Erica Hanning, Brigitte Strugalla-Voltz
Textverarbeitung und Layout:	Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller
Bildbearbeitung:	Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller
Umschlaggestaltung:	Thomas Lessig-Weller, Ulrike Weller

Umschlagbilder: W. F. A. Lobisser/VIAS, S. Rusev, P. Georgiev

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie, detaillierte bibliographische Daten sind im Internet abrufbar unter: <http://dnb.dbb.de>

ISBN 978-3-944255-02-6

© 2014 Europäische Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie / European Association for the advancement of archaeology by experiment e.V. - Alle Rechte vorbehalten
Gedruckt bei: Beltz Bad Langensalza GmbH, 99947 Bad Langensalza, Deutschland

Inhalt

<i>Gunter Schöbel</i> Vorwort	8
 Experiment und Versuch	
<i>Bente Philippsen</i> Scherben scheibenweise – Röntgen- und Neutronentomographie von experimenteller und archäologischer Keramik	10
<i>Anja Probst</i> „Knochenjob“ – Untersuchungen zu Gebrauchsspuren an jung- und endneolithischen Knochenwerkzeugen	18
<i>Hristo Popov, Zdravko Tsintsov, Albrecht Jockenhövel, Plamen Georgiev</i> Feuersetzen beim Abbau der goldhaltigen Quarzgänge im spätbronzezeitlichen Goldbergwerk auf dem Ada Tepe, Südbulgarien	27
<i>Ruslan Stoychev, Petya Penkova, Margarita Grozeva</i> Practical challenges of archaeometallurgy of gold found in the Thracian gold mine at Ada Tepe, Southeast Bulgaria – Analytical approaches and experimental reconstructions	45
<i>Franz Georg Rösel</i> Kochen mit hallstattzeitlichen Keramikgefäßen	59
<i>Hannes Lehar</i> Mit moderner Technik Probleme bei der Rekonstruktion antiker Technik lösen? – Ein Besuch in Carnuntum	70
<i>Rüdiger Schwarz</i> Römische Ziegelproduktion an der Saalburg in der Praxis nachvollzogen	83

Rekonstruierende Archäologie

Wolfgang F. A. Lobisser

Wissenschaftliche Fragestellungen zum Aufbau eines frühneolithischen Hausmodells im Sinne der Experimentellen Archäologie im Urgeschichtemuseum Asparn an der Zaya in Niederösterreich 97

Hans Joachim Behnke

Muschelschalenpailletten der Schnurkeramik – Wer war zuerst da: die Paillette oder ihr Loch? 111

Helga Rösel-Mautendorfer

Möglichkeiten der Rekonstruktion eisenzeitlicher Frauentracht mit zwei und drei Fibeln 119

Thomas Flügen, Thomas Lessig-Weller

Die Bogenbewaffnung des Keltenfürsten vom Glauberg – Vom Befund zur Rekonstruktion 129

Alexandra Schubert, Tobias Schubert

Funktionale Gedanken zur merowingischen Frauentracht 144

Claus-Stephan Holdermann, Frank Trommer

Zum Fertigungsprozeß von „Bergeisen“ im spätmittelalterlichen/frühneuzeitlichen Bergbaubetrieb am Schneeberg, Moos in Passeier/Südtirol 153

Vermittlung und Theorie

Thomas Lessig-Weller

Zwischen Fakt und Fiktion – Überlegungen zur Rekonstruierenden Archäologie 166

Fabian Brenker

Living History und Wissenschaft – Einige Überlegungen zur jeweiligen Methode, deren Grenzen und Möglichkeiten der gegenseitigen Ergänzung 177

<i>Stoycho Bonev, Tsvetanka Boneva, Severina Yorgova, Stoyan Bonev</i> 3D reconstruction and digital visualization of the south of the Royal Palace in Great Preslav	187
<i>Sylvia Crumbach</i> Mit dem Webstuhl in die Vorzeit! Textilforschung und Rekonstruktion textiler Techniken in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts mit Ausblick auf die Folgen am Beispiel Brettchenweben	194
Kurzberichte, Jahresbericht und Autorenrichtlinien	
<i>Rüdiger Schwarz</i> Kerzen mit Binsendocht und römische Kerzenhalter	205
<i>Ulrike Weller</i> Vereinsbericht der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie e.V. (EXAR) für das Jahr 2013	207
Autorenrichtlinien „Experimentelle Archäologie in Europa“	214

Scherben scheinweise Röntgen- und Neutronentomographie von experimenteller und archäologischer Keramik

Bente Philippsen

Summary – Sherds in slices. X-ray and neutron tomography of experimental and archaeological pottery. *Ceramic sherds contain valuable information about chronology, nutrition and cuisine of prehistoric cultures, and can be used to reconstruct life and economy of our ancestors. Scientific methods can obtain much of this information from the pottery. Radiocarbon dating can determine the time of production or use of the pottery.*

Often, archaeological sherds have to be crushed to obtain material for radiocarbon dating and other analyses. This is the case when dating organic temper, or analysing the lipids which the clay absorbed during food preparation. The desired sample material may often not be present in the sherd in sufficient amounts, though. In those cases, the sherd would be destroyed needlessly.

The aim of our study is therefore to determine the presence of datable material, fat, etc., in a sherd without destroying it. X-rays can only show the mineral parts of the sherd. Neutrons, however, can show organic compounds, while the rest of the sherd is "invisible" for the neutrons. During a tomography, the object is being analysed "slice by slice". Finally, 3D-illustrations can be rendered. In this paper, I will present a pilot study, which explores the potential of neutron tomography on ceramic sherds. Reference material was obtained from experiments on pottery production and use, which I have presented at earlier EXAR conferences.

Einleitung

Naturwissenschaftliche Analysen von prähistorischer Keramik können wertvolle Erkenntnisse über den Zeitpunkt und die Art ihrer Herstellung und Verwendung liefern. Für eine Datierung mit der Radiokarbon-Methode sind angebrannte Speisereste ein leicht zugängliches Probenmaterial. Es können jedoch fälschlicherweise zu hohe Alter gemessen werden, falls in der Keramik Fisch zubereitet worden war (siehe z. B. PHILIPPSEN, GLYKOU, PAULSEN

2012; PHILIPPSEN 2013). Pflanzenreste im Ton können deswegen besser für eine Datierung geeignet sein – entweder pflanzliche Magerung oder Pflanzenreste, die unabsichtlich mit dem Ton vermischt wurden. Der Ton kann jedoch noch andere Informationen enthalten: Im Ton absorbierte Fettstoffe weisen z. B. darauf hin, welche Nahrungsmittel in der Keramik zubereitet oder gelagert wurden.

Um die im Ton enthaltenen Stoffe und Partikel zu untersuchen, muss die Scherbe zerstört werden. Das ist besonders

dann ärgerlich, wenn sich herausstellt, dass kein datier- oder messbares Material vorhanden war. Deswegen suchte ich nach einer Methode, um zerstörungsfrei organische Magerung und absorbiertes Fett entdecken zu können.

Methoden

Das „Durchleuchten“ von archäologischer Keramik mit Röntgenstrahlung hat eine lange Tradition. Das Potential wurde schon vor 80 Jahren erkannt, als Röntgenstrahlung verwendet wurde, um Art und Menge der inorganischen Magerung von etwa 500 Keramikscherben festzustellen (TITTERINGTON 1933). Knapp halb so alt ist die Untersuchung der Aufbautechnik mit Röntgenbildern, wobei die Form und Ausrichtung der Poren im Ton analysiert wird (RYE 1977). Durch Computertomographie erstellte 3D-Modelle der Poren ermöglichen feinere Unterscheidungen, z. B. von Variationen innerhalb einer Aufbautechnik (SANGER ET AL. 2012). Die Vermutung, dass man die Rotationsgeschwindigkeit der Töpferscheibe aus dem Röntgenbild ablesen kann (RYE 1977), erwies sich jedoch als zu optimistisch (BERG 2008).

Röntgenuntersuchungen können auch natürliche Einschlüsse im Ton sichtbar machen und eignen sich deshalb als Voruntersuchungen vor genaueren petrographischen Studien (BARCLEY 2001). Als neueste Entwicklung wird Röntgen-Mikrotomographie (μ -CT) verwendet, um noch feinere Strukturen zu erkennen; auch vollständig verbrannte organische Magerung kann nun anhand der Form der entstandenen Hohlräume charakterisiert werden (KAHL, RAMMINGER 2012). Ein Nachteil der radiometrischen Keramikuntersuchung ist jedoch, dass spätere Thermolumineszenz-Messungen nicht möglich sind (BARCLEY 2001; BERG 2008).

Neutronenstrahlung kann auch zur radiometrischen Untersuchung verschiedener



Abb. 1: Vorbereitung einer Referenzprobe für den Nachweis von absorbierten Fettstoffen in Keramik mit Neutronen-Radiographie. – Preparation of a reference sample for the detection of absorbed fats in pottery with neutron radiography.



Abb. 2: Foto und Neutronen-Radiographien einer Referenzprobe. – Photograph and neutron radiographs of a reference sample.

Materialien verwendet werden, verhält sich jedoch grundlegend anders als Röntgenstrahlung: Röntgenstrahlung wird umso stärker absorbiert, je größer die Ordnungszahl des Elements ist – vereinfacht ausgedrückt, je schwerer das Element ist. Einen derartigen einfachen Zusammenhang gibt es für die Neutronenstrahlung nicht. Neutronenstrahlung wird zum Beispiel stark von Wasserstoff absorbiert. Das liegt daran, dass Neutronen und Wasserstoffkerne ungefähr die gleiche

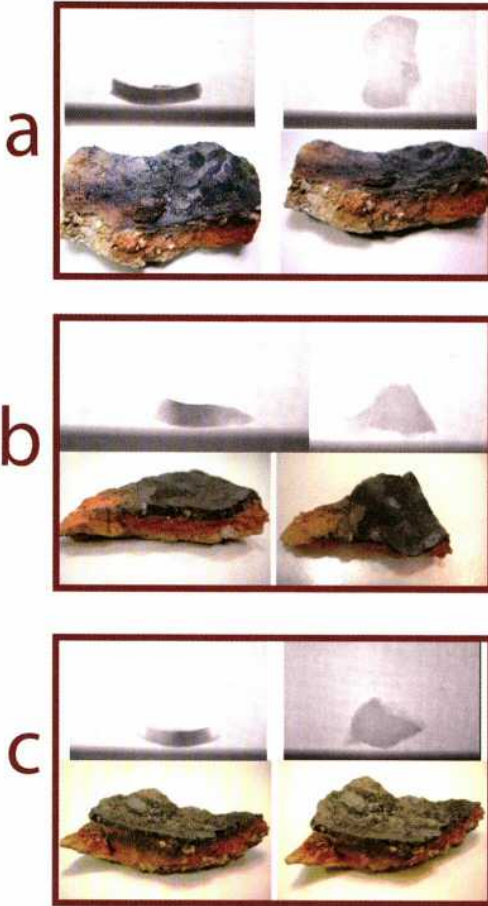


Abb. 3: Fotos und Neutronen-Radiographien von experimentellen Keramikscherben mit Speisekrusten. – Photographs and neutron radiographs of experimental pottery sherds with food crusts.

Masse haben, so dass die Neutronen bei einer Kollision fast ihren ganzen Impuls an den Wasserstoffkern verlieren können. Das entspricht der Kollision zweier gleich schwerer Billardkugeln.

Mit Neutronenstrahlung kann man deswegen wasserstoffhaltige Verbindungen sichtbar machen, z. B. Wasser oder diverse organische Verbindungen. Metalle und Gesteine sind für die Neutronen dagegen durchlässig.

Neutronenuntersuchungen werden im archäologisch-kulturhistorischen Zusammenhang unter anderem an Metallobjek-

ten durchgeführt, z. B. Statuetten, bei denen ein hölzerner Kern oder andere organische Substanzen wie Harze erkannt werden können (PAUL SCHERRER INSTITUT 2011). Belege für die Untersuchung von Keramikscherben mit Neutronenstrahlung konnte die Autorin nicht finden.

Messungen und Ergebnisse

Anfang Juli 2013 wurden verschiedene experimentelle und archäologische Keramikscherben am Paul-Scherrer-Institut in Villigen, Schweiz, mit Röntgen- und Neutronenstrahlung untersucht (LEHMANN, VONTOBEL, WIEZEL 2001). Dabei wurden sowohl Röntgen- und Neutronen-Radiographien (entsprechend den klassischen Röntgenbildern) als auch Computertomographien erstellt. Ein Ausfall des Neutronenstrahls sorgte dafür, dass die Autorin die Messungen während ihres Aufenthaltes am PSI nicht selbst beenden konnte. Jan Hovind übernahm dankenswerterweise die Durchführung der fehlenden Neutronentomographie, als wieder Neutronenstrahl verfügbar war.

Referenzprobe für Fettstoffe

Ein Ziel der hier vorgelegten Versuche war, absorbierte Fettstoffe in der Keramik mit Neutronenstrahlung zu finden. Deswegen wurde folgende Referenzkeramik vorbereitet: Ein unglasiertes Keramikgefäß wurde in einen Kochtopf gestellt, mit Pflanzenöl und Wasser gefüllt und langsam erhitzt (Abb. 1). Etwa 30 Minuten lang wurde die Temperatur bei knapp unter 100°C gehalten. Auf dem Wasser schwamm eine Ölschicht; beides wurde vom Ton aufgenommen. Anschließend wurde das Gefäß bei Zimmertemperatur getrocknet.

Neutronenradiographien des Gefäßes wurden aus verschiedenen Winkeln aufgenommen (Abb. 2). Ein dunklerer waagerechter Streifen im mittleren Drittel des

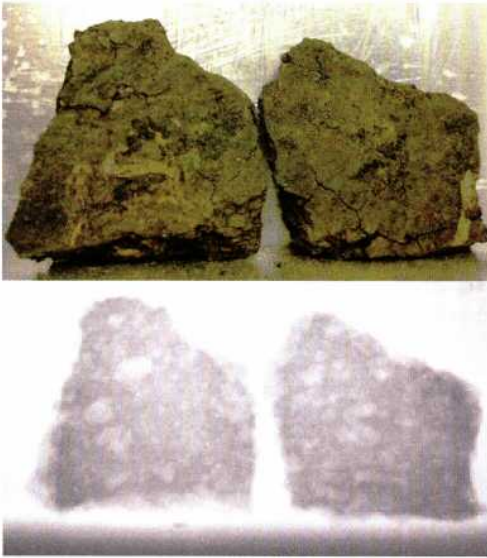


Abb. 4: Fotos und Neutronenradiographien der beiden Scherben SLA5-1477. – Photographs and neutron radiographs of the two sherds SLA5-1477.

Gefäßes war erwartet worden – der Bereich, in dem Öl absorbiert worden war. In den Neutronenradiographien lassen sich allerdings keinerlei Hinweise auf absorbiertes Öl erkennen. Deswegen wurde in diesem Fall auch auf die zeitaufwändigere Neutronen-Computertomographie verzichtet.

Experimentelle und archäologische Scherben

Neutronenradiographien

In früheren Experimenten waren Kopien von mesolithischer Ertebølle-Keramik hergestellt und zur Nahrungszubereitung verwendet worden (GLYKOU 2012; PHILIPPSEN, GLYKOU, PAULSEN 2012; PHILIPPSEN 2013). Von drei Scherben mit anhaftenden verkohlten Speiseresten wurden Neutronenradiographien erstellt (Abb. 3). Die dunkelsten Bereiche auf den Radiographien sind die, in denen die Neutronen am stärksten absorbiert wurden. Dies ist überall dort der Fall, wo die Neutronen einen langen Weg durch die Scherbe zu-

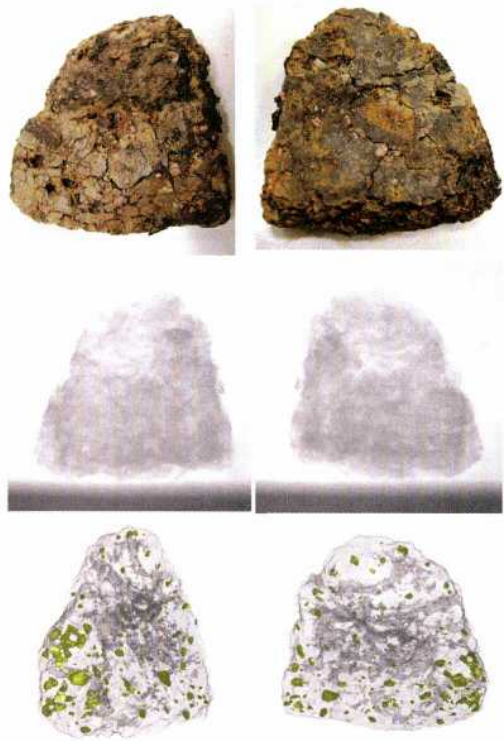


Abb. 5: Fotos, Neutronenradiographien und Röntgentomographien der Scherbe SLA5-1802, von beiden Seiten her gesehen. – Photographs, neutron radiographs and x-ray tomographies of the sherd SLA5-1802, seen from both sides.

rücklegen mussten, also die, wo der Ton in Strahlrichtung am dicksten war. Besonders deutlich wird dies bei den Schnittbildern von Abb. 3b und 3c.

Es war außerdem erwartet worden, dass die Innenseite der Scherben dunkler erscheint, denn dort wurde am meisten Fett aus der Nahrung absorbiert. Dies ist auf den Radiographien von Abb. 3 allerdings nicht sichtbar. In Abb. 3a kann man jedoch einen verkohlten Speiserest erkennen. Das kleine Stück Speiserest ist sowohl im Schnittbild als auch in der Draufsicht der Neutronenradiographie deutlich zu sehen. Dies ist an sich kein großer Erkenntnisgewinn, da der Speiserest auch mit dem bloßen Auge sichtbar ist. Allerdings lässt dieses Ergebnis hoffen, dass



Abb. 6: Röntgentomographie, 3D Ansicht der Oberflächen. – X-ray tomography, 3D view of the surfaces.

man mit der Neutronenradiographie im Ton enthaltene verkohlte organische Reste wie zum Beispiel Holzkohle erkennen könnte. Diese ließen sich zum Beispiel für die ^{14}C -Datierung verwenden. Um dies zu überprüfen, müsste man experimentell Keramikscherben mit entsprechender organischer Magerung herstellen.

Abb. 4 und 5 zeigen Neutronenradiographien von archäologischen Keramikscherben vom Ertebølle-Fundplatz Schlamersdorf LA 5 in Schleswig-Holstein. In Abb. 4 sind die zwei Scherben, Fundnr. SLA5-1477, im Messgerät stehend fotografiert, darunter die Neutronenradiographien,

aufgenommen im selben Blickwinkel. Im Inneren der Scherben scheint es blasenförmige Hohlräume zu geben – es könnten aber auch Bereiche sein, die weniger Feuchtigkeit oder organische Substanzen enthalten als der umgebende Ton. Dies lässt sich anhand der Bilder nicht entscheiden.

In Abb. 5 ist dieselbe Scherbe, SLA5-1802, zweimal fotografiert worden, jeweils von der Vorder- und Rückseite her gesehen. Die entsprechenden Neutronenradiographien befinden sich darunter. Hier zeigen sich Risse als hellere Bereiche. In Abb. 5 sind außerdem Röntgentomogra-

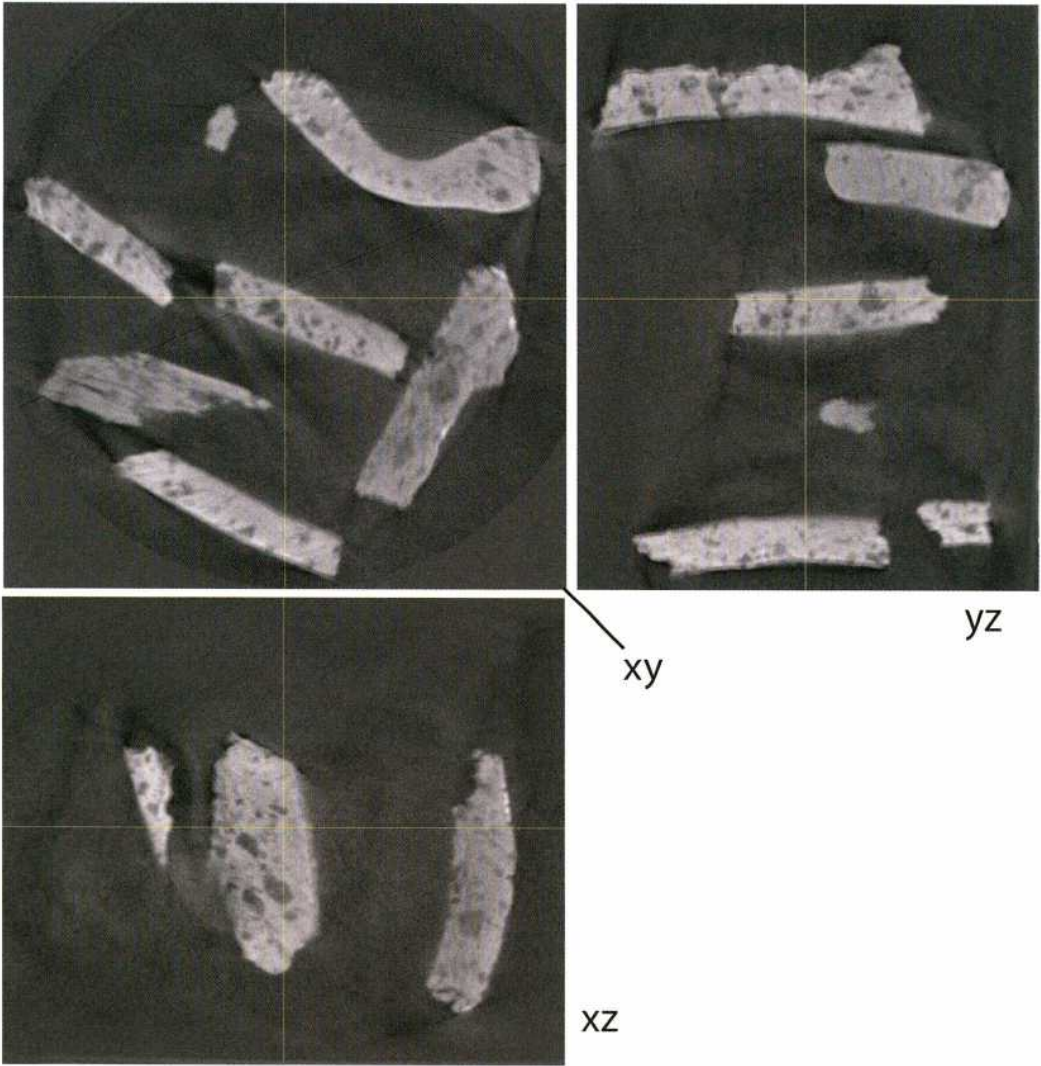


Abb. 7: Neutronentomographie, Abbildungen von drei Schnittebenen. – Neutron tomography, image of three intersecting planes.

phien derselben Scherbe dargestellt (siehe unten).

Röntgentomographie

Für die Röntgentomographie wurden die Scherben mit Plastikfolie umwickelt und in einen Plastikbehälter gelegt. Das Plastik ist für die Röntgenstrahlen unsichtbar und sorgt dafür, dass die Scherben während der Tomographie nicht verrutschen.

Nach jeder Röntgenaufnahme wurde der Behälter mit den Scherben etwas gedreht

und eine neue Aufnahme gemacht. Aus allen Aufnahmen konnten dann 3D-Abbildungen der Scherben berechnet werden. Florian Schmid vom PSI erstellte freundlicherweise einige 3D-Abbildungen der Scherben. Abb. 6 zeigt eine Möglichkeit, nämlich eine Ansicht der Oberflächen der Scherben. Dies kann dann ergänzt werden durch weitere Darstellungen. Man kann z. B. die besonders stark absorbierenden Bereiche im Inneren der Keramik farbig darstellen, wie dies in Abb. 5 unten

der Fall ist. Bei diesen Bereichen könnte es sich um mineralische Magerungspartikel handeln.

Neutronentomographie

Für die Neutronentomographie wurden acht archäologische Scherben in Aluminiumfolie eingepackt. Eine Scherbe stammt vom Fundplatz Tved Markjorde (THOMSEN 1982; LANGKILDE 2008), die anderen sind Ertebølle-Scherben aus Schleswig-Holstein: eine vom Fundplatz Kayhude an der Alster, die restlichen vom Fundplatz Schlamersdorf an der Trave. Das Prinzip der Tomographie ist das gleiche wie bei der Röntgenstrahlung. *Abb. 7* zeigt drei Schnittflächen, die ich durch die 3D-Aufnahme gelegt habe. Die für 3D-Abbildungen benötigte Rechenkraft stand mir leider nicht zur Verfügung. Im Inneren der Scherben sind dunkle Bereiche zu erkennen – Bereiche, die für die Neutronenstrahlung unsichtbar sind. Dies könnten zum Beispiel Poren sein, aber auch Bereiche, die völlig frei sind von Wasser oder organischen Substanzen. Es lassen sich aber keine Hinweise auf in der Keramik enthaltene Fettstoffe erkennen, auch nicht beim „Durchblättern“ aller Einzelbilder der Tomographie.

Schlussfolgerungen

Eigentlich war geplant gewesen, die archäologischen Scherben zur Lipidanalyse zu schicken, um herauszufinden, wie viel Fett sie enthalten. Darauf wurde aber verzichtet, da keines der Neutronenbilder Hinweise auf Fett brachte. Nicht einmal am Blumentopf mit Pflanzenöl konnte man erkennen, wo Fett absorbiert worden war.

Röntgentomographie von Keramikscherben kann die Verteilung von Magerung zeigen. Auch andere Details der Aufbautechnik lassen sich damit sichtbar machen, wie schon in der Literatur berichtet wurde (s. o.). Die Neutronentomographie

kann auch Poren in der Keramik sichtbar machen und könnte so die Röntgenuntersuchungen ergänzen.

Neutronenstrahlung kann wahrscheinlich größere Einschlüsse von organischem Material sichtbar machen, z. B. im Ton enthaltene Holzkohlestücke oder große organische Magerungspartikel. Dies müsste allerdings durch experimentelle Keramik noch überprüft werden. Die Neutronentomographie kann eine der an sie gestellten Fragen leider nicht beantworten. Die Verteilung von absorbierten Fettstoffen konnte nicht sichtbar gemacht werden.

Danksagungen

Ohne die Mithilfe vieler Kollegen wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Ihnen allen möchte ich meinen herzlichsten Dank aussprechen:

Dorte Spangsmark und Linda B. Madsen, Aalborg Universität Esbjerg, stellten Keramikscherben für meine Messungen zur Verfügung. Katerina Glykou, Harm Paulsen und andere Kollegen vom Archäologischen Landesmuseum Schloss Gottorf, Schleswig, und der Universität Kiel formten und brannten die experimentelle Keramik. Von Sönke Hartz, Archäologisches Landesmuseum Schloss Gottorf, Schleswig, und Ingo Clausen, Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Außenstelle Neumünster, bekam ich Keramikscherben der Fundplätze Schlamersdorf LA5 und Kayhude LA8.

Am PSI half Jan Hovind mir bei allen Messungen und führte die Neutronentomographie durch. Florian Schmid erstellte 3D-Ansichten der Röntgentomographie.

Literatur

Barcley, K. 2001: Scientific Analysis of Archaeological Ceramics. A handbook of resources. Oxford 2001.

Berg, I. 2008: Looking through pots:

recent advances in ceramics X-radiography. *Journal of Archaeological Science* 35(5), 2008, 1177-1188.

Glykou, A. 2012: Pointed-based pottery: An experimental approach to the manufacturing of the pottery of the Late Mesolithic in Northern Germany. *The Old Potter's Almanack* 17(1), 2012, 10-15.

Kahl, W.-A., Ramminger, B. 2012: Non-destructive fabric analysis of prehistoric pottery using high-resolution X-ray microtomography: a pilot study on the late Mesolithic to Neolithic site Hamburg-Boberg. *Journal of Archaeological Science* 39(7), 2012, 2206-2219.

Langkilde, J. 2008: Bygherrerapport SOM 258 Tved Markjorde. Svendborg Museum Bygherrerapport. Svendborg 2008.

Lehmann, E., Vontobel P., Wiezel, L. 2001: Properties of the radiography facility NEUTRA at SINQ and its potential for use as European reference facility. *Nondestructive Testing and Evaluation* 16, 2001, 191-202.

Paul Scherrer Institut 2011: Neutron Imaging at the spallation source SINQ. Information for potential users and customers. Villigen 2011.

http://www.psi.ch/niag/ImagingBrochureEN/Neutron_Imaging_m3.pdf

Philippson, B. 2013: Der Süßwasser-Reservoireffekt in der 14C-Datierung: neue Analysen und mesolithische Kochexperimente. *Experimentelle Archäologie in Europa*, Bilanz 2013, 20-32.

Philippson, B., Glykou, A., Paulsen, H. 2012: Kochversuche mit spitzbodigen Gefäßen der Ertebøllekultur und der Hartwassereffekt. *Experimentelle Archäologie in Europa*, Bilanz 2012, 33-48.

Rye, O. S. 1977: Pottery manufacturing techniques: X-ray studies. *Archaeometry* 19(2), 1977, 205-211.

Sanger, M. et al. 2012: Fibrous twists and turns: early ceramic technology revealed through computed tomography. *Applied Physics A: Materials Science &*

Processing 111, 2012, 829-839.

Thomsen, P. O. 1982: Tved – en boplads med hustomter fra ældre romersk jernalder. *Årbog for Svendborg og Omegns Museum* 1982, 6-24.

Titterington, P. F. 1933: Has the X-Ray a Place in the Archaeological Laboratory? *American Anthropologist* 35(2), 1933, 297-300.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Bente Philippson

Abb. 2-4: Fotos: Bente Philippson; Neutronen-Radiographien: Bente Philippson mit Hilfe von Jan Hovind (PSI)

Abb. 5: Fotos: Bente Philippson; Neutronen-Radiographien: Bente Philippson mit Hilfe von Jan Hovind (PSI); Röntgentomographie: Bente Philippson mit Hilfe von Jan Hovind und Florian Schmid (PSI)

Abb. 6: Röntgentomographie: Bente Philippson mit Hilfe von Jan Hovind und Florian Schmid (PSI)

Abb. 7: Neutronentomographie: Bente Philippson mit Hilfe von Jan Hovind (PSI)

Autorin

Bente Philippson

AMS 14C Dateringscenter

Institut for Fysik og Astronomi

Aarhus Universitet

Ny Munkegade 120

8000 Aarhus C

Dänemark

ISBN

978-3-944255-02-6