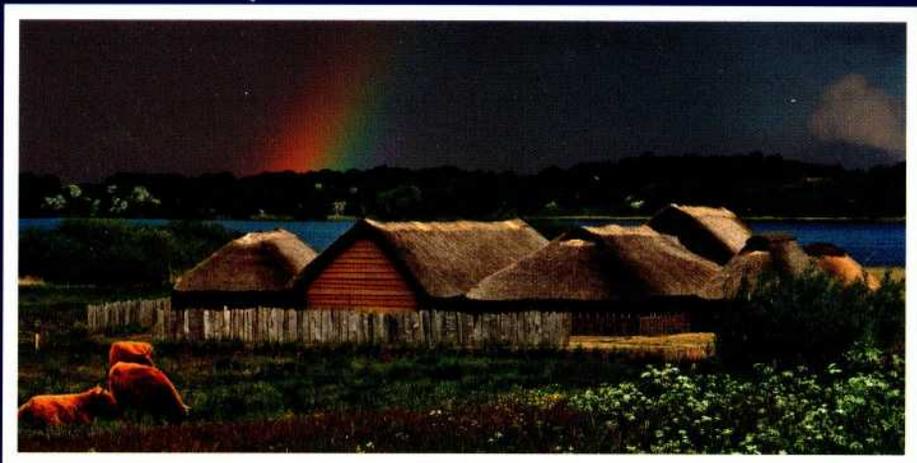
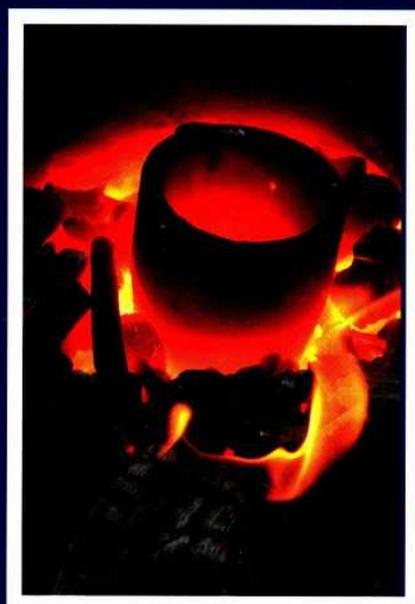
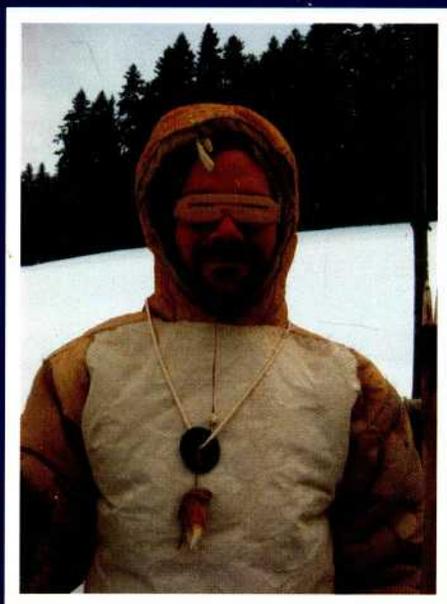


EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE

in Europa

BILANZ 2012





PFAHLBAU MUSEUM
UNTERUHLINGEN BODENSEE
Inv. Nr.: 27446

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN EUROPA
BILANZ 2012
Heft 11

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 2012



Unteruhldingen 2012

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, Claudia Merthen
Thomas Lessig-Weller

Bildbearbeitung: Ulrike Weller

Umschlaggestaltung: Thomas Lessig-Weller, Ulrike Weller

Umschlagbilder: Markus Klek, Frank Trommer, Ute Drews

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 978-3-9813625-7-2

© 2012 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, 99941 Bad Langensalza, Deutschland

INHALT

<i>Gunter Schöbel</i> Vorwort	8
Experiment und Versuch	
<i>Markus Klek</i> Ahle versus Nadel: Experimente zum Nähen von Fell und Leder während der Urzeit	10
<i>Wolfgang Lage</i> Experimentalarchäologische Untersuchungen zu mesolithischen Techniken der Haselnussröstung	22
<i>Bente Philippsen, Aikaterini Glykou, Harm Paulsen</i> Kochversuche mit spitzbodigen Gefäßen der Ertebøllekultur und der Hartwassereffekt	33
<i>Wulf Hein, Rengert Elburg, Peter Walter, Werner Scharff (†)</i> Dechsel am Altenberg. Ein vorläufiger Bericht	49
<i>Oriol López, Raquel Piqué, Antoni Palomo</i> Woodworking technology and functional experimentation in the Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain)	56
<i>Hans Lässig</i> Schwarze Räder. Beobachtungen zum Nachbau der geschmachten Räder aus dem Olzreuter Ried bei Bad Schussenried vom Beginn des 3. Jahrtausends v. Chr.	66
<i>Erica Hanning</i> Reconstructing Bronze Age Copper Smelting in the Alps: an ongoing process	75
<i>Ralf Laschimke, Maria Burger</i> Versuche zum Gießen von bronzezeitlichen Ochsenhautbarren aus Kupfer	87

<i>Katharina Schächli</i> Messerscharf analysiert – Technologische Untersuchungen zur Herstellung spätbronzezeitlicher Messer	100
<i>Tiberius Bader, Frank Trommer, Patrick Geiger</i> Die Herstellung von Bronzelanzenspitzen. Ein wissenschaftliches Experiment im Keltenmuseum Hochdorf/Enz	112
<i>Frank Trommer, Patrick Geiger, Angelika Holdermann, Sabine Hagmann</i> Zweischalennadeln – Versuche zur Herstellung getriebener Bronzeblechformen in der späten Hallstattzeit	124
<i>Anton Englert</i> Reisegeschwindigkeit in der Wikingerzeit – Ergebnisse von Versuchsreisen mit Schiffsnachbauten	136
<i>Michael Neiß, Jakob Sitell</i> Experimenteller Guss von wikingerzeitlichen Barockspangen. Eine Vorstudie	151
<i>Jean Loup Ringot, Geert Vrielmann</i> Bau eines Röhrenbrunnens im Experiment. Ausbrennen eines Eichenstammes	165
Rekonstruierende Archäologie	
<i>Rosemarie Leineweber</i> „Schalkenburg“ – Nachbau eines stichbandkeramischen Palisadensystems	173
<i>Anne Reichert</i> Rekonstruktion einer neolithischen Sandale	186
<i>Helga Rösel-Mautendorfer, Karina Grömer, Katrin Kania</i> Farbige Bänder aus dem prähistorischen Bergwerk von Hallstatt. Experimente zur Herstellung von Repliken, Schwerpunkt Faseraufbereitung und Spinnen	190

Franz Georg Rösel <i>Birkenrinde und Leder: Zur Rekonstruktion einer frühawarischen Köchergarnitur</i>	202
Vermittlung und Theorie	
<i>Claudia Merthen</i> Gut angezogen? Wesentliche Punkte zur Rekonstruktion jungpaläolithischer Kleidung	210
<i>Rüdiger Kelm</i> Mehr Steinzeit! Neues aus dem Steinzeitpark Dithmarschen in Albersdorf	226
<i>Jutta Leskovar, Helga Rösel-Mautendorfer</i> „Prunkwagen und Hirsebrei – Ein Leben wie vor 2700 Jahren“. Experimente zum Alltagsleben und die Vermittlung von Urgeschichte durch das öffentliche Fernsehen	234
<i>Joachim Schultze</i> Zwischen Experiment und Museumsbau. Verschiedene Stufen der Authentizität bei der Rekonstruktion der <i>Wikinger Häuser Haithabu</i>	246
<i>Ute Drews</i> Zwischen Experiment und Vermittlung. Verschiedene Ebenen im didaktisch- methodischen Konzept der <i>Wikinger Häuser Haithabu</i>	263
Kurzberichte	
<i>Thomas Lessig-Weller</i> Biegen von Horn	272
Jahresbericht	
<i>Ulrike Weller</i> Vereinsbericht der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie e.V. (EXAR) für das Jahr 2011	274

Kochversuche mit spitzbodigen Gefäßen der Ertebøllekultur und der Hartwassereffekt

Bente Philippsen, Aikaterini Glykou, Harm Paulsen

Summary – *The subject of this study is the pottery of the Late Mesolithic Ertebølle culture in Northern Germany. The archaeological material is described using the example of the submerged coastal site Neustadt LA 156, where a wealth of organic material, including food crusts on pottery, is preserved.*

It was suspected that pottery from inland sites, originally radiocarbon dated to 5200-5400 cal. BC, was affected by a freshwater reservoir effect. Therefore, archaeological material from the inland sites Schlamersdorf LA 5 and Kayhude LA 8 as well as from Neustadt was analysed by radiocarbon dating and stable isotope (C, N) measurements. Different recent materials from the rivers Trave (at Schlamersdorf) and Alster (at Kayhude) yielded reservoir ages between several hundred and a few thousand years.

Experiments were conducted to reconstruct the manufacturing process of Ertebølle pottery and to examine the cooking characteristics of the pots and the formation of food crusts. Experimental food crusts were used to test the method of stable isotope analysis for reconstruction of ingredients.

We show that Ertebølle pottery is well suited for cooking, while the formation of food crusts takes one to two hours on the hearth fire. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values of the food crusts can differ substantially throughout a pot, but give general information about the presence of freshwater or marine fish. Our measurements demonstrate that a food crust has the same reservoir age as the ingredients. The oldest pottery from Ertebølle inland sites is probably affected by the freshwater reservoir effect and the true age can be several centuries younger.

Einleitung

Das späte Mesolithikum wird in Norddeutschland und in Südsandinavien durch die Ertebøllekultur geprägt. Die Ertebøllekultur ist eine reine Jäger-, Sammler- und Fischer-Kultur, die von zahlreichen Küstenfundplätzen in Dänemark und Norddeutschland bekannt ist. Am Beispiel des Unterwasserfundplatzes Neustadt LA

156 werden folgend die Keramik der Ertebøllekultur sowie Experimente zur Herstellung der Keramik und naturwissenschaftliche Analysen an verkohlten Speisekrusten vorgestellt.

Der Fundplatz Neustadt LA 156 liegt in Ostholstein am Westufer der Lübecker Bucht. Die Siedlungsreste befinden sich heute unter Wasser in einer Tiefe von drei bis fünf Metern am Ausgang des Stadtha-



Abb. 1: Kartierung einiger Ertebølle-Fundplätze mit datierten Speisekrusten.
 Map of Ertebølle sites with ^{14}C -dated food crusts.

fens (HARTZ, GLYKOU 2008, 15-16; HARTZ u.A. 2001, 10). Etwa 100 m² wurden zwischen 2000 und 2006 unter der Leitung von Dr. S. Hartz ausgegraben. Die exzellenten Erhaltungsbedingungen haben viel organisches Material bewahrt, wie Holz, botanische Makroreste, Geweihe und Tausende von Tierknochen, aber auch verkohlte Speisekrusten an der Keramik.

Fragestellung

Speisekrusten ermöglichen eine direkte Datierung der Keramik mit der ^{14}C - (Ra-

diokarbon-) Methode. Als einige Ertebølle-Speisekrusten von zwei schleswig-holsteinischen Inlandfundplätzen, Kayhude LA 8 und Schlamersdorf LA 5, mit der Radiokarbonmethode datiert wurden, fiel auf, dass sie viel älter waren als erwartet: ca. 5400 v. Chr. in Kayhude (CLAUSEN 2007; HARTZ 2006) und ca. 5200 v. Chr. in Schlamersdorf (HARTZ 1996; HARTZ 1997; HEDGES u.A. 1995), also älter als Keramik von Küstenfundplätzen (Abb. 1). Ist die Keramik wirklich so alt oder liegt das hohe Alter an einem Reservoireffekt? Der marine Reservoireffekt ist ein be-

kanntes Phänomen. Die beiden Fundplätze mit der ältesten Keramik hingegen liegen an Flüssen. Es gibt aber tatsächlich einen Süßwasserreservoireffekt, der durch kalkhaltiges Wasser entsteht. Falls also in den Töpfen Süßwasserfisch gekocht worden war, dann kann die Datierung durch diesen Reservoireffekt beeinflusst worden sein (FISCHER, HEINEMEIER 2003). Meist kann man einer Speisekruste nicht ansehen, aus welchen Zutaten sie besteht. Isotopenanalysen können helfen, die Herkunft einer Probe zu bestimmen (Meer/Land/Süßwasser).

Es bildeten sich folgende Fragen heraus: Ist die Datierung einer Speisekruste zuverlässig? Hat die Speisekruste dasselbe Alter wie die Zutaten? Falls man eine „terrestrische“ Zutat in kalkhaltigem Wasser kocht, wird dann das Alter der Speisekruste vom Hartwassereffekt beeinflusst? Kann man die Herkunft der Zutaten aus einer Isotopenuntersuchung der Keramikkruste rekonstruieren?

Um diese Fragen zu beantworten und die Analysemethoden an bekannten Zutaten zu testen, wurden Speisekrusten experimentell hergestellt. Außerdem wurden archäologische Proben aus Neustadt, Kayhude und Schlamersdorf analysiert.

Archäologisches Material

Bei der Unterwasserausgrabung im Hafen von Neustadt in Ostholstein (Abb. 1) ist eine große Anzahl Keramikscherben der Ertebøllekultur ans Licht gebracht worden. Insgesamt wurden 7500 Scherben geborgen (GLYKOU 2011a, 65). Das Neustädter Keramikinventar wird von spitzbodiger Keramik dominiert, ein kleiner Anteil wurde den Lampen zugeordnet, während Trichterbecherkeramik mit 5,6% repräsentiert ist (GLYKOU 2011a, 65). Dank

der exzellenten Erhaltungsbedingungen konnten mehrere Gefäße zumindest teilweise zusammengesetzt werden. Dadurch konnten die verschiedenen Stadien bei der Herstellung der spitzbodigen Keramik nachvollzogen und rekonstruiert werden. Parallel erbrachte dieselbe Studie eine große Variabilität an Formen von spitzbodigen Gefäßen, so dass das Keramikinventar von Neustadt eines der bisher umfangreichsten in Südsandinavien ist.

Neben anderem war ein Ziel der Keramikstudien festzustellen, inwieweit die an der Keramik beobachtete technologische Auswahl das bewusste Wissen des Herstellers widerspiegelt und ob eine technologische Entwicklung bei der Herstellung festzustellen ist. Den Schwerpunkt der Untersuchung bildete allerdings die Frage, ob Trichterbecher- und spitzbodige Keramik auf dieselbe Keramiktradition zurückzuführen sind. Es konnte schließlich festgestellt werden, dass die technologische Variabilität dazu diente, eine stetige Verbesserung der Keramikqualität zu schaffen, wobei die Formen der frühesten Trichterbecherkeramik aus einer autochthonen Entwicklung resultieren (GLYKOU 2011a, 148).

Eigenschaften des archäologischen Materials

Die spitzbodige Keramik ist primär aus Granit mit rotem Feldspat gemagert, während neben dem Granit auch Quarz und seltener Sand beobachtet wurden (GLYKOU 2010, 179; GLYKOU 2011a, 120). Schamotte wird am Bruch der Keramik selten beobachtet, welches als ein Hinweis auf ein entwickeltes technologisches Verständnis gilt. Daraus lässt sich eine längere Tradition der Keramikherstellung

erschließen, wie es auch von anderen Fundorten bekannt ist (HULTHÉN 1977, 16; 49). Organische Magerung ist nur extrem selten und in geringen Mengen vorhanden, es muss sich dabei um zufällige Beimischungen im Ton handeln (GLYKOU 2011a, 66; 74).

Die Herstellung eines spitzbodigen Gefäßes begann mit dem Aufbau des Spitzbodens mit einer der drei folgenden Techniken: der Treib- und Wulsttechnik, bei der die Spitze des Bodens aus einem Tonklumpen und darauf gelegten Tonwülsten geformt wird (GLYKOU 2011a, 77); der spiralförmigen Technik, bei der der Spitzboden aus einem oder mehreren spiralförmigen Tonwülsten hergestellt wurde (GLYKOU 2011a, 76); oder der Technik des aufgesetzten Bodens mit einer zweiteiligen Spitze: Auf einen spitzgeformten Tonklumpen wurde ein ovalförmiger Tonklumpen gesetzt, somit entstand ein sehr solider Spitzboden (GLYKOU 2011a, 77-78; GLYKOU 2011b, 280, Fig. 3).

Nach dem Spitzboden wurde der restliche Gefäßkörper einschließlich des Randes aus aufeinandergelegten Tonwülsten angefertigt. Die Art und Weise, wie die Tonwülste aufeinandergelegt wurden, stellt eine Regelmäßigkeit dar, die zu der schematischen Festlegung dreier Hauptaufbautechniken geführt hat, der sogenannten U-, H-, und N- Aufbautechnik (HULTHÉN 1977, 25-26; 35, Fig.15), die in einer großen Variationsbreite vorkommen können (KOCH NIELSEN 1987; GLYKOU 2011a, 78-80). Dem Gefäßaufbau folgt das Verstreichen der Keramik. Da dem Ton in der Regel gröbere Magerungspartikel, die manchmal 1,5 cm erreichen können, beigemischt wurden, wirkte die Gefäßoberfläche nach dem Aufbau aufgrund der nach außen vorspringenden Magerungskörner rau und uneben (GLYKOU 2011a,

72; 86). Diese Unregelmäßigkeiten der Oberfläche wurden in der Regel nachbearbeitet, so dass die Gefäßoberflächen homogen und glatt aussehen. Die Nachbearbeitung erfolgte entweder mit bloßen Händen oder wahrscheinlicher mithilfe von Werkzeugen (sogenannte „paddle-and-anvil“-Technik, RICE 1987, 137). Während bei vielen Gefäßen nur diese erste grobe Behandlung der Gefäßoberfläche festgestellt wurde, folgte bei vielen eine Glättung, wie horizontale Spuren an den Gefäßoberflächen zeigen (Abb. 5). Dies konnte mithilfe von Werkzeugen, evtl. kleinen Steinen, geschehen, wie bei den nachfolgenden Experimenten festgestellt wurde.

Die spitzbodige Keramik wurde eventuell nach ausreichendem Trocknen in offenem Feuer gebrannt. Anhand der Bruchatmosphäre der spitzbodigen Keramik konnte festgestellt werden, dass die Keramik entweder in einer von außen oxidierenden und von innen reduzierenden oder in einer oxidierenden Brenn-atmosphäre gebrannt worden war. Die Ergebnisse der Beobachtungen von der Brenn- und Bruchatmosphäre weisen darauf hin, dass die Gefäße im offenen Feuer gebrannt wurden (GLYKOU 2011a, 90-93). Gefäße, die beispielsweise eine von außen oxidierte und von innen reduzierte Bruchatmosphäre aufweisen, wurden zum Brennen vermutlich mit der Gefäßmündung nach unten aufgestellt und dann mit Brennmaterial bedeckt.

Die Funktion der Keramik aus Neustadt konnte anhand von Nutzungsspuren, wie z. B. Rußüberzug oder Schmauchspuren an der Keramikoberfläche, partiellen Abplatzungen der Gefäßoberfläche und verkohlten organischen Resten, sogenannten „Speisekrusten“, erläutert werden. Die ausgesprochen gute Erhaltung von ver-

kohlten organischen Resten und die starke Häufigkeit ihres Vorkommens an der Keramik aus Neustadt wurden als eine Besonderheit der Keramik betrachtet, die über die spezifische Funktion der jeweiligen Gefäßform und über den Inhalt der Gefäße Auskünfte geben können. Verkohlte organische Reste kommen sehr häufig (ca. 55 %) an der Innenseite spitzbodiger Gefäße vor (GLYKOU 2011a, 151-153).

Während die Schmauchspuren und die verkohlten organischen Reste als Hinweise auf Nutzung der Keramik als Kochgefäße gelten, wird das Vorkommen von partiellen Abplatzungen in Verbindung mit dem Kochvorgang gebracht (KOCH NIELSEN 1987, 116), als Resultat von plötzlichen Temperaturänderungen, wenn der Topf auf das Feuer gestellt wird. Die Experimente haben dazu beigetragen, die Gründe ihres Vorkommens zu verstehen.

Die Experimente

Keramikherstellung

Die Experimente dienten primär dazu, verkohlte Speisekrusten an der Gefäßoberfläche zu gewinnen und folgend diese Krusten zu analysieren. Für die Experimente wurden Gefäße hergestellt, die dem Aufbau und den Formen der Originale ähneln.

Bei jedem Herstellungsschritt wurde versucht, die in diesem Artikel beschriebenen herstellungstechnischen Merkmale der originalen Keramik bei den Nachbildungen umzusetzen. So wurde Granit als Magerung bevorzugt. Als Rohmaterial wurde eine natürlich erodierte Granitknolle von der Küste verwendet (Abb. 2). Die natürliche Erosion des Gesteines ist ein wichtiger Punkt, weil der Stein sich leicht



Abb. 2: Zerkleinern einer natürlich erodierten Granitknolle.

A naturally eroded granite nodule is crashed.

durch Schlagen mit einem anderen Stein zerkleinern lässt. Für archäologisches Material wird häufig vermutet, dass sich die Bestandteile des Granits – Feldspat, Glimmer, Quarz – durch Erhitzen im Feuer voneinander lösen, so dass das Gestein leicht zerschlagen werden konnte (KOCH 1998, 123). Verbrannte Granitstücke wurden tatsächlich in Neustadt gefunden (GLYKOU 2011a, 75, Abb. 41). Bei diesem Experiment konnte bewiesen werden, dass auch natürlich erodierter Granit, der den prähistorischen Menschen des Küstenfundplatzes von Neustadt durchaus zugänglich gewesen sein muss, leicht zu bearbeiten ist. Nach dem Zerkleinern der Granitknolle sind die Körner gesiebt und drei verschiedene Korngrößen von Granit – grob, mittelgrob und fein – gewonnen worden, die alle in archäologischem Fundgut beobachtet worden sind. Nach der Beimischung von groben und mittelgroben Granitkörnern begann die Herstellung des Gefäßes mit dem Aufbau des Spitzbodens in der oben beschriebenen Treib- und Wulsttechnik. Der Boden wurde aus einem Tonklumpen und darauf gesetzten Tonwülsten geformt

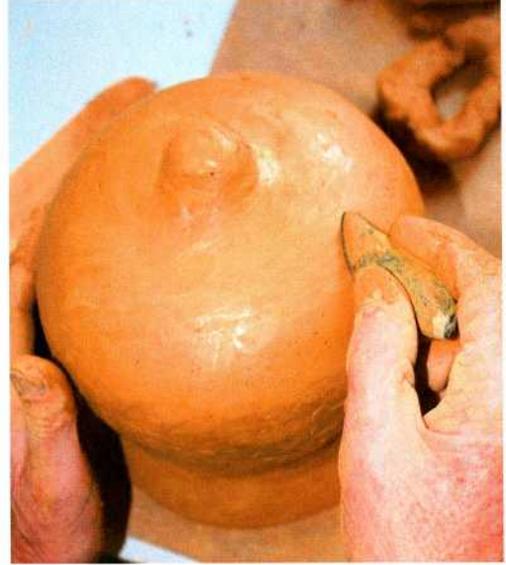


*Abb. 3: Aufbau eines spitzbodigen Gefäßes aus Tonwülsten.
A pointed-based vessel is built up from coils of clay.*

(Abb. 3). Es folgte der Aufbau des restlichen Gefäßkörpers aus Tonwülsten in H-Technik, weil diese als typisch für die spitzbodige Keramik gilt (ANDERSEN 1975, 58; GLYKOU 2011b, 279), d. h. die einzelnen Tonwülste wurden durch Druck mit den Fingerspitzen gut verbunden.

Beide Gefäßoberflächen wurden nach dem Aufbau sorgfältig verstrichen. Dazu wurde die Oberfläche nach Bedarf befeuchtet und mithilfe eines Kieselsteines geglättet (Abb. 4). Die bei diesem Vorgang horizontal entstandenen Spuren sind auch häufig an der Oberfläche des archäologischen Materials erkennbar (Abb. 5). Die Gefäße trockneten etwa zwei Wochen lang.

Das Brennen der Gefäße fand im offenen Feuer statt. Der Erdboden wurde anfangs durch Glühen getrocknet und aufgewärmt. Die Gefäße wurden mit der Öffnung nach unten auf den 80-140°C warmen Boden



*Abb. 4: Die leicht befeuchtete Oberfläche des Gefäßes wird mithilfe eines Kieselsteines geglättet.
The wet surface of the vessel is smoothed with a pebble.*



Abb. 5: Bauchscherbe von einem spitzbodigen Gefäß aus Neustadt LA 156. Die Glättungsspuren sind an der Gefäßoberfläche gut erkennbar.

Belly sherd of a pointed-based vessel from Neustadt LA 156. Traces of smoothing are easily visible on the surface.

gestellt und allmählich mit brennendem Holz bedeckt, so dass die Temperaturän-

derung nicht plötzlich war, sondern sich über 30 Minuten erstreckte. Beim Brennen wurden überwiegend Temperaturen um 600°C, für kurze Zeit bis 750°C, erreicht (GLYKOU 2011a, 91). Nach ca. 20 Minuten intensiven Brennens ließen wir das Feuer herunterbrennen; dies dauerte ca. 2 Stunden. Diese Bedingungen ähneln den von TITE (2004) beschriebenen für den offenen Feldbrand. Die fleckige rot-schwarze Färbung der Keramik lässt auf eine abwechselnd reduzierende und oxidierende Brennatmosfera schließen. Interessante Beobachtungen nach dem Brennen der Gefäße waren:

– In zwei Fällen sind die Spitzböden vom restlichen Gefäß abgeplatzt (GLYKOU 2011a, 156-157). Das kann mit der Mächtigkeit des Tones an der spezifischen Stelle und dem Temperaturwechsel zu tun haben. Ähnliche Beispiele wurden im Fundinventar von Neustadt beobachtet und als Resultat eines plötzlichen Temperaturwechsels während des Brennens erklärt (GLYKOU 2011a, 157, Abb. 144).

– Abplatzungen sind am gesamten Gefäßkörper beobachtet worden. Meistens handelte es sich dabei um oberflächliche Abplatzungen, die die spätere Funktion des Gefäßes als Kochtopf während der Experimente nicht beeinflusst haben. Somit konnte bewiesen werden, dass solche Abplatzungen eher „herstellungsbedingt“ sind und nicht Ergebnis des Kochvorgangs, bei dem sowieso sehr niedrige Temperaturen im Vergleich zum Brennvorgang erreicht werden (GLYKOU 2011a, 156-157, Abb. 144).

Kochversuche

Zum Kochen wurden die Töpfe auf drei Steine gestellt. Glühende Kohlen und brennendes Holz von einer größeren Feu-

erstelle wurden darunter aufgeschichtet. Wegen des dicken spitzen Bodens stehen die Töpfe sehr stabil auf den Steinen. Es ist dabei wichtig, dass sich nur kleine Auflageflächen zwischen Stein und Topf bilden, damit nicht zu große Teile des Topfes von der Hitze abgeschirmt werden.

Die Funktion der spitzbodigen Keramik als Kochtöpfe ist uns schon von vorherigen Studien bekannt gewesen, die sowohl auf Experimenten als auch auf Nutzungsspuren basierten (KOCH NIELSEN 1987; GLYKOU 2011a). Zusätzlich konnten wir mit diesen Experimenten nachweisen, dass sich die Töpfe auch für das Kochen von reinem Wasser eignen. Es wurde nämlich angenommen, dass die Ertebølle-töpfe zum Kochen von Wasser ungeeignet seien (ANDERSEN, MALMROS 1984) und nur stärke- oder fetthaltige Speisen, die die Poren verstopften, gekocht werden konnten. Unsere Studien am archäologischen Material zeigten, dass die Ertebøllekeramik in der Regel nicht porös ist. Zum anderen testeten wir auch in den von uns nachgemachten Töpfen das Kochen von reinem Wasser. Dabei bemerkten wir, dass man ein starkes, gut belüftetes Feuer unter dem Topf braucht. Damit dauerte es eine Viertelstunde, einen Liter Wasser zum Kochen zu bringen. Mit Deckel ließe sich der Zeitaufwand erheblich verringern.

Es wurden verschiedene Zutaten und Kombinationen von Zutaten mit Wasser bedeckt gekocht (Tabelle 1). Für Topf 1 und 2 wurde Wasser aus der Alster verwendet; hier wurden Zutaten und Wasser nicht gewogen. Während des Garens der Zutaten bildete sich keine Kruste. Um eine Kruste zu erzeugen, musste so lange gekocht werden, bis das Wasser vollständig verdunstet war. Eine Kruste entstand ein bis zwei Stunden nach Beginn des

Topf	Zutaten	Masse [g]	Anteil [%]	Topf	Zutaten	Masse [g]	Anteil [%]
1	Plötze	—	100	5	Rucola	65	30.2
	Wasser				Mangold	60	27.9
2	Wildschweinfleisch	—	100		Plötze	90	41.9
	Wasser				Wasser	575	—
3	Stangensellerie	128	37.9	6	Rehfleisch	180	50
	Karotten	90	26.6		Rucola	90	25
	Rosenkohl	120	35.5		Mangold	90	25
	Wasser	119	—		Wasser	930	—
4	Dorsch	157	49.7	7	Scholle	111	50
	Stangensellerie	159	50.3		Rehfleisch	111	50
	Wasser	405	—		Wasser	850	—

Tab. 1: Zutaten für Kochexperimente. Anteil [%] bezeichnet den Anteil der jeweiligen Zutat am Gesamtgewicht der Nahrungsmittel (ohne Wasser).



Abb. 6: Eine Speisekruste aus dem Experiment.
A food crust from the experiment.

Kochens (Abb. 6-7). Die verkohlten Krusten bildeten teilweise ein polygonales Rissmuster aus, das sehr gut mit den archäologischen Speisekrusten übereinstimmt.

Analysen

Kohlenstoff kommt in der Natur in drei Varianten vor: dem radioaktiven ^{14}C und den zwei stabilen (nicht-radioaktiven) Isotopen ^{12}C und ^{13}C . Die ^{13}C -Konzentration einer

Probe wird mit der ^{13}C -Konzentration eines internationalen Standardmaterials verglichen und als Promille-Abweichung angegeben, bezeichnet als $\delta^{13}\text{C}$. Anhand der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte kann man Proben aus dem Meer von terrestrischen Proben unterscheiden und zum Beispiel berechnen, wie viel Meeresfisch ein Mensch gegessen hat.

Das radioaktive Kohlenstoffisotop ^{14}C wird in der Atmosphäre gebildet, von Pflanzen bei der Photosynthese aufgenommen und gelangt so in die Nahrungskette. Atmosphäre, Pflanzen und Tiere haben die gleiche ^{14}C -Konzentration. Beim Tod des Lebewesens endet die ^{14}C -Aufnahme, so dass die ^{14}C -Konzentration durch den stetigen radioaktiven Zerfall sinkt. Je geringer also die ^{14}C -Konzentration einer Probe ist, desto längere Zeit ist seit dem Tod vergangen.

Reservoireffekte treten auf, wenn die ^{14}C -Konzentration von Anfang an geringer ist als angenommen. Wenn man nicht weiß, dass die ursprüngliche Konzentration kleiner ist als die in der Atmosphäre, misst man zu hohe ^{14}C -Alter.

Ein Beispiel für einen Reservoireffekt ist

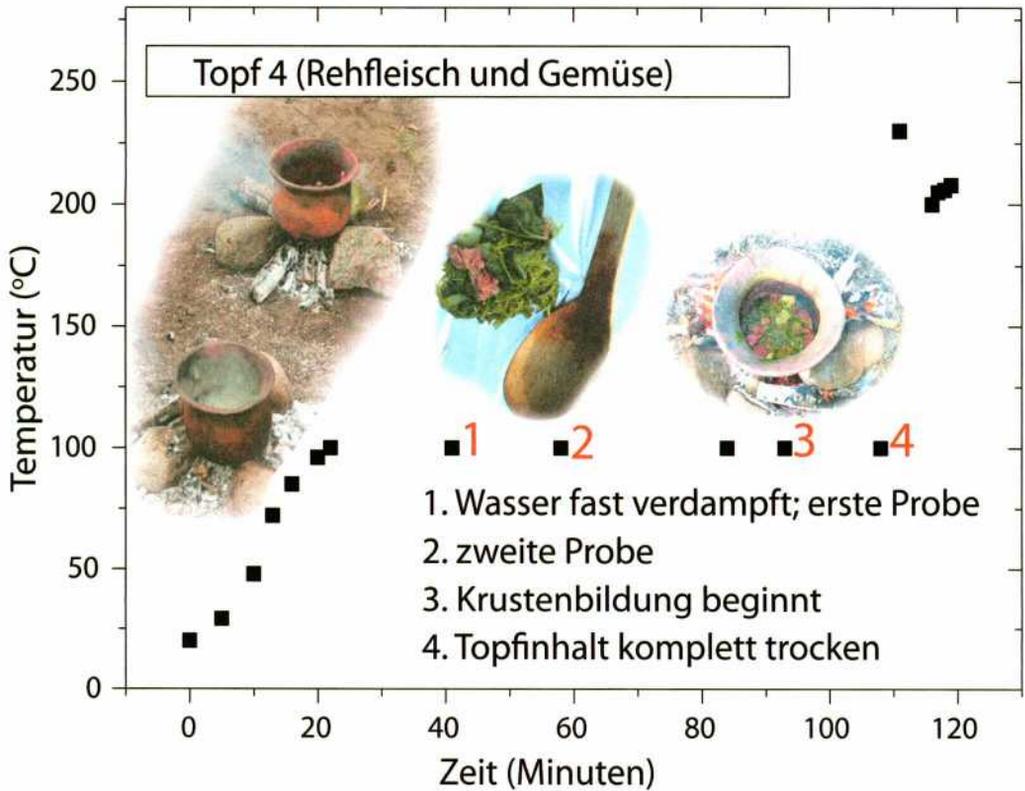


Abb. 7: Temperaturverlauf beim Kochen und Anbrennen von Reh und Gemüse. Die Zeitpunkte der Probennahme von gekochten Zutaten sind angegeben. Speisekrustenproben wurden erst später, nach Abkühlen des Gefäßes, entnommen.
 Temperature profile during cooking and charring of roe deer meat with vegetables. Times of sampling are indicated. Food crust samples were removed later, after the pot had cooled down.

der Hartwassereffekt. Dieser tritt auf, wenn Karbonatgesteine im Untergrund gelöst werden. Diese Gesteine sind so alt, dass sie kein ^{14}C mehr enthalten. Ein Gewässer mit kalkhaltigem („hartem“) Wasser hat deswegen eine geringere ^{14}C -Konzentration als die Atmosphäre, Landpflanzen und -tiere. Dieser Kohlenstoff wird von Wasserpflanzen aufgenommen und gelangt so in die Nahrungskette. Pflanzen und Tiere aus so einem Gewässer enthalten also „alten“ Kohlenstoff. Deswegen erhält man fehlerhafte, zu alte, Datierungen. Die Differenz zwischen dem

berechneten Alter und dem wirklichen Alter der Probe wird „Reservoiralter“ genannt. Das Reservoiralter von Alster und Trave sowie von Pflanzen und Tieren aus den beiden Flüssen wurde gemessen (siehe unten). Speisekrusten von Töpfen, in denen Süßwasserfische zubereitet wurden, sind ebenfalls vom Hartwassereffekt betroffen. Um herauszufinden, ob eine Speisekruste Süßwasserfisch enthält, nutzen wir neben dem Kohlenstoffisotop ^{13}C auch das stabile Stickstoffisotop ^{15}N .

Die Konzentration von ^{15}N wird ebenfalls

als Promille-Abweichung von einem Standardmaterial angegeben und mit $\delta^{15}\text{N}$ bezeichnet. Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte steigen mit jedem Niveau in der Nahrungskette. Im Wasser, sowohl im Meer als auch im Süßwasser, sind die Nahrungsketten viel länger als an Land. Die Fische, die von Menschen gefangen werden, haben im Allgemeinen deutlich höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte als Landtiere.

Für eine genauere Beschreibung der Methoden und Hintergründe mit weiteren Literaturhinweisen siehe PHILIPPSEN (2010b).

Ergebnisse

Um das Reservoiralter der beiden Flüsse zu bestimmen, wurden viermal Wasserproben entnommen und datiert: im August 2007, September 2008, Februar 2009 und Juli 2010. Ein einheitliches Reservoiralter konnte nicht gefunden werden. Die Alster hat ^{14}C -Alter zwischen 1520 und 2620, die Trave zwischen 1170 und 2255 ^{14}C -Jahren.

Für die bessere Vergleichbarkeit mit Datierungen von archäologischem Material geben wir im Weiteren Reservoiralter anstelle von ^{14}C -Altern an. Von einer gemessenen ^{14}C -Konzentration N_t kann mit folgender Formel der Reservoir-Effekt Δt abgeschätzt werden: $\Delta t = \tau \ln(N_t/N_r)$, wobei N_t die ^{14}C -Konzentration einer gleichzeitigen terrestrischen Probe ist, zum Beispiel von atmosphärischem CO_2 . τ ist hierbei die Lebensdauer von ^{14}C , 8267 Jahre.

Frisch gesammelte/gefangene Pflanzen und Tiere aus Alster und Trave haben Reservoiralter von 350 bis 2770 Jahren. Ein erheblicher Reservoir-Effekt kann deswegen auch für archäologische Funde erwartet werden.

Auch die experimentellen Speisekrusten wurden datiert. Das Wildschweinfleisch mit einem gemessenen Alter von 0 Jahren wurde in Wasser aus der Alster gekocht. Das gemessene Alter der Kruste von ca. 0 Jahren zeigt, dass Wasser mit einem hohen ^{14}C -Alter keinen Einfluss auf die Datierung einer Speisekruste hat. Die Gräten einer Plötze aus der Trave hatten ein geschätztes Reservoiralter von 722 ± 47 Jahren, die aus diesem Fisch gekochte Kruste ergab 756 ± 41 Jahre. Man kann deswegen davon ausgehen, dass Zutat und Kruste dasselbe Reservoiralter haben, unabhängig vom Reservoiralter des Kochwassers.

$\delta^{13}\text{C}$ - und $\delta^{15}\text{N}$ -Werte von experimentellen und archäologischen Speisekrusten werden in der Isotopengrafik (Abb. 8) gezeigt. Die drei Proben aus Schlamersdorf mit den niedrigsten $\delta^{15}\text{N}$ -Werten wurden ohne chemische Vorbehandlung gemessen, weil das Probenmaterial sonst nicht ausgereicht hätte. Drei Beispiele aus Kayhude zeigen, dass die chemische Vorbehandlung wenig Einfluss auf die $\delta^{13}\text{C}$ - und $\delta^{15}\text{N}$ -Werte hat. $\delta^{15}\text{N}$ -Werte steigen mit dem Niveau in der Nahrungskette. $\delta^{13}\text{C}$ -Werte über -25‰ weisen auf zumindest teilweise marine Zutaten hin. Mittlere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte werden von terrestrischer Nahrung verursacht, während stark negative Werte Süßwasserfisch indizieren.

Es ist ersichtlich, dass für denselben Topf völlig verschiedene Isotopenwerte gemessen werden können, wenn eine Mischung aus verschiedenen Zutaten gekocht wurde. Es ist auch leicht vorstellbar, dass an verschiedenen Stellen des Topfes, trotz ständigen Umrührens, Klümpchen von verschiedenen Zutaten anbrennen. Speisekrustenproben eines Topfes variieren um bis zu 7‰ in $\delta^{13}\text{C}$ -Werten

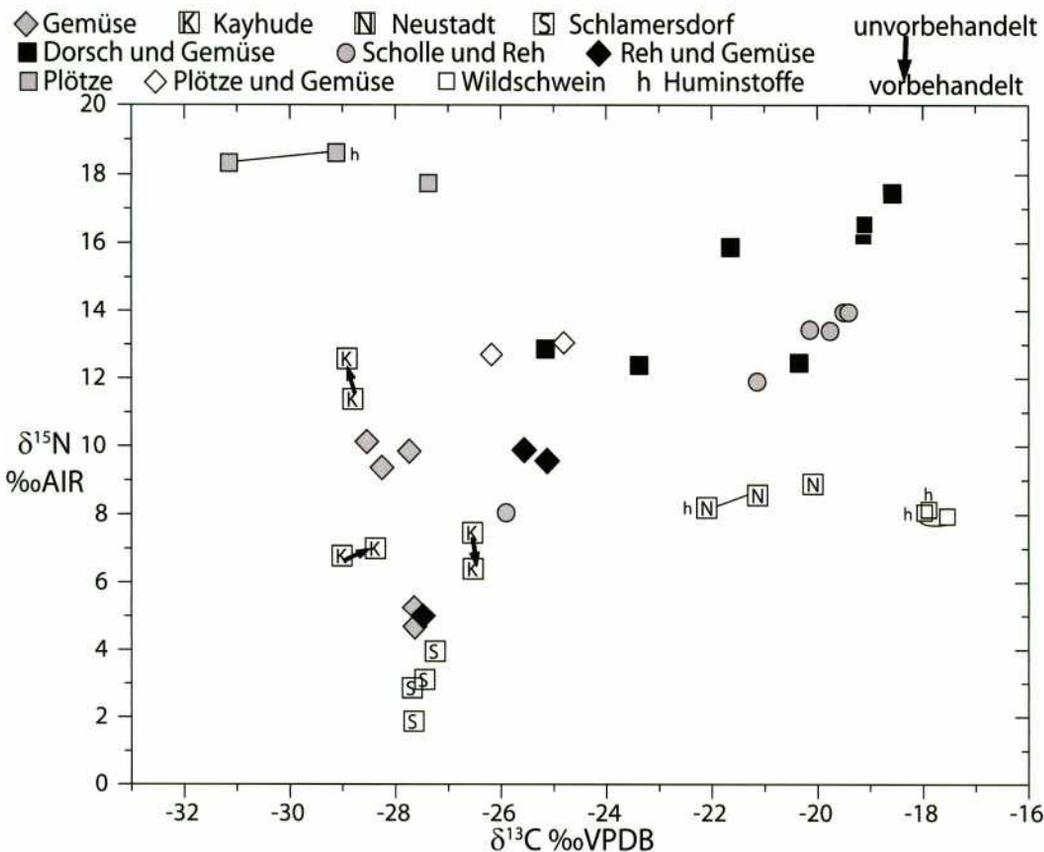


Abb. 8: Messungen der stabilen Isotope ($\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{15}\text{N}$) der archäologischen und experimentellen Speisekrusten (siehe Tabelle 1). Das „h“ bezeichnet Huminstoffe, die aus archäologischen Speisekrusten extrahiert wurden. Bei experimentellen Speisekrusten bezeichnet es die Substanzen, die mit derselben Methode extrahiert wurden, vermutlich Fettstoffe.

Measurements of the stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) of archaeological and experimental food crusts (see table 1).

und 9‰ in $\delta^{15}\text{N}$ -Werten. Etwas Ähnliches ist auch für das archäologische Material zu erwarten. Eine Scherbe mit anhaftender Speisekruste ist also nicht unbedingt repräsentativ für den ganzen Topf. Erstaunlich ist in diesem Zusammenhang, dass die Speisekrustenisotopenwerte von bestimmten Fundplätzen oft sehr homogen sind. Zum Beispiel liegen $\delta^{13}\text{C}$ -Werte oft innerhalb eines 2-3.5‰ breiten Intervalls (CRAIG 2004; HALLGREN 2004; HALL-

GREN, POSSNERT 1997). Das könnte vielleicht daran liegen, dass sich die Krusten über längere Zeit aufbauten und somit einen Durchschnittswert aller gekochten Zutaten annahmen.

In der Isotopengraphik sind allerdings Tendenzen zu erkennen: Krusten, die Fisch enthalten, haben höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte und Meeresfisch führt zu höheren $\delta^{13}\text{C}$ -Werten.

Die ursprüngliche Fragestellung war, ob

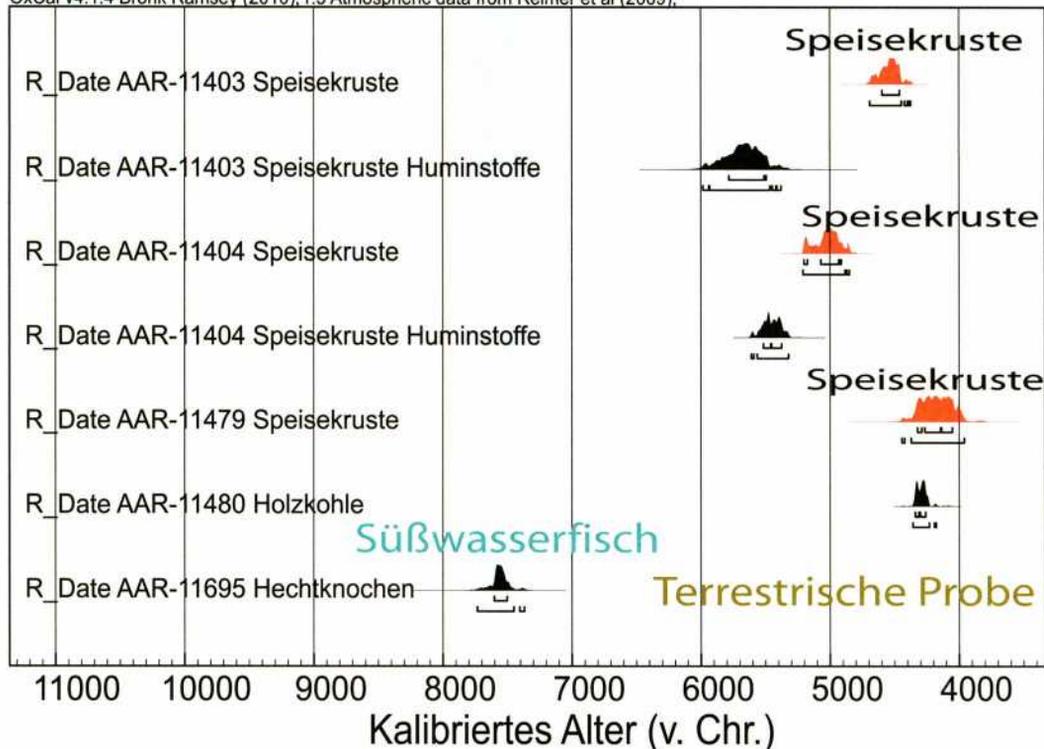


Abb. 9: Datierungen der Proben aus Kayhude (Alster). Mit dem Programm OxCal 4.1 (BRONK RAMSEY 2009) und der Kalibrierungskurve IntCal09 (REIMER ET AL. 2009) wurden Kalenderalter („kalibrierte“ Alter) aus den gemessenen ^{14}C -Altern berechnet.

^{14}C datings of samples from Kayhude (river Alster). Calendar ages („calibrated ages“) were calculated from the measured ^{14}C ages with the programme OxCal 4.1 (BRONK RAMSEY 2009) using the calibration curve IntCal09 (REIMER ET AL. 2009).

die Krusten aus Schlamersdorf und Kayhude Süßwasserfisch enthalten, also vom Süßwasserreservoirereffekt beeinflusst sein können. In der Isotopengraphik kann man sehen, dass die Krusten aus Schlamersdorf und Kayhude keinen Meeresfisch enthalten, denn sie haben ziemlich niedrige $\delta^{13}\text{C}$ -Werte. Die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Neustädter Krusten hingegen weisen auf Meeresfisch hin. Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Schlamersdorfer Krusten sind so niedrig, dass die Verwendung von Fisch hier sehr unwahrscheinlich ist. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass in Kayhude Fisch gekocht worden ist – hier sind die $\delta^{15}\text{N}$ -Wer-

te teilweise deutlich höher. Wir vermuten also, dass zumindest die anfangs erwähnten hohen Alter der Keramik von Kayhude durch den Süßwasserreservoirereffekt bedingt sind.

Für diese Studie wurden viele weitere archäologische Proben aus Kayhude und Schlamersdorf datiert. Die Datierungen von Speisekrusten wurden dabei mit Datierungen von Süßwasserfischen und von terrestrischem Material verglichen. In Kayhude stammen alle hier datierten Proben aus einer Schicht, einem Steinpflaster, sind also höchstwahrscheinlich gleichzeitig deponiert (pers. Mitt. Ingo

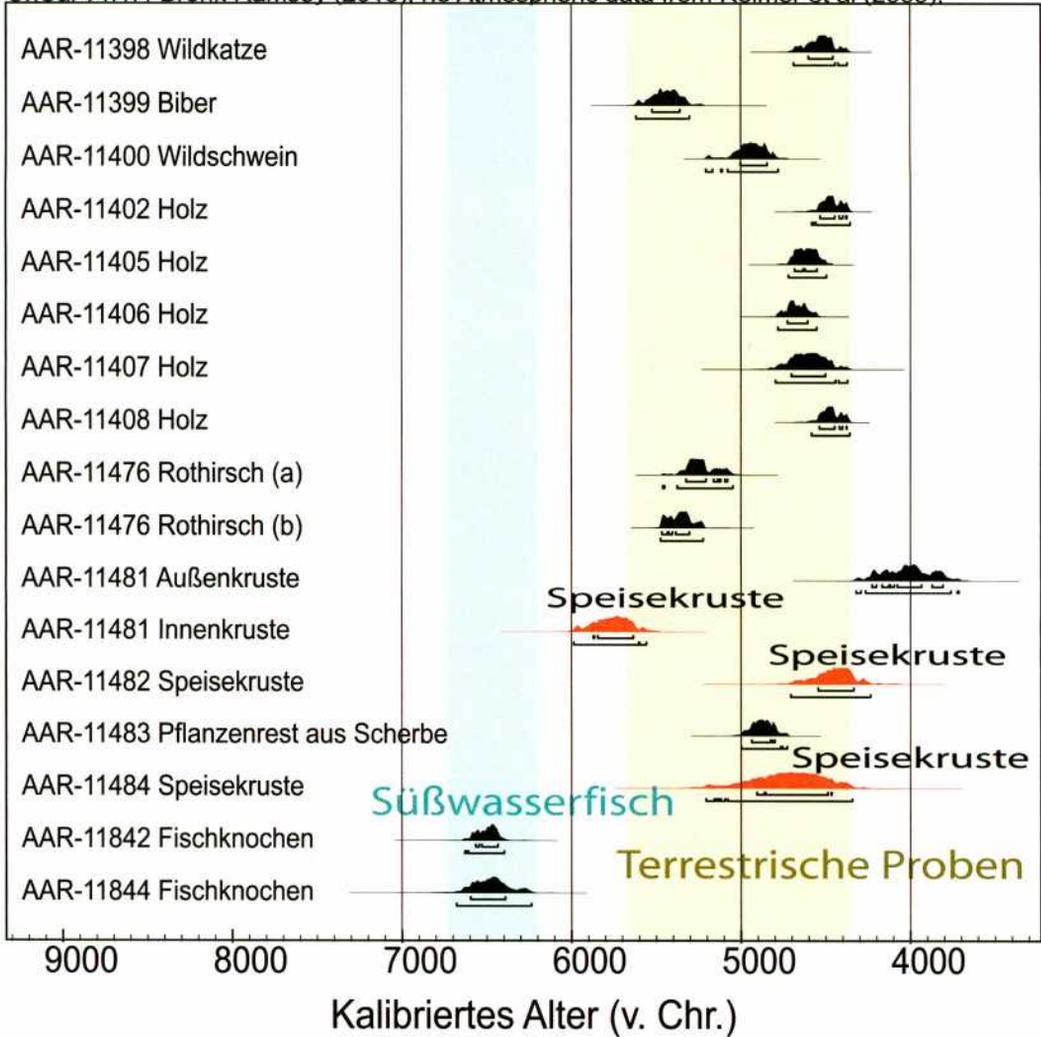


Abb. 10: Datierungen der Proben aus Schlamersdorf (Trave). Mit dem Programm OxCal 4.1 (BRONK RAMSEY 2009) und der Kalibrierungskurve IntCal09 (REIMER ET AL. 2009) wurden Kalenderalter („kalibrierte“ Alter) aus den gemessenen ^{14}C -Altern berechnet. ^{14}C datings of samples from Schlamersdorf (river Trave). Calendar ages („calibrated ages“) were calculated from the measured ^{14}C ages with the programme OxCal 4.1 (BRONK RAMSEY 2009) using the calibration curve IntCal09 (REIMER ET AL. 2009).

Clausen 2007). Der Süßwasserfisch hat ein deutlich höheres gemessenes Alter als die Holzkohlenprobe. Die hier datierten Speisekrusten sind genauso alt wie die Holzkohle oder älter (Abb. 9). Schlamersdorf LA 5 hatte keine sichere

Stratigraphie; die Proben waren anscheinend durch Überschwemmungen an der Trave mehrfach umgelagert (pers. Mitt. Sönke Hartz 2007). Dies wird in der breiten Verteilung von Datierungen von terrestrischem Material reflektiert (Abb. 10).

Aber auch hier sind die Süßwasserfische um einiges älter als die anderen Fundstücke und die Speisekrusten genauso alt oder älter als die terrestrischen Proben. Einige Zusammenhänge sollen hier allerdings noch verdeutlicht werden. Bei einer Scherbe (AAR-11481) hatten wir das Glück, Krusten sowohl an der Innen- als auch an der Außenseite vorzufinden, vermutlich Speisekruste und Ruß vom Herdfeuer. Der große Unterschied zwischen Innen- und Außenkruste weist auf einen erheblichen Reservoireffekt hin (Abb. 10). Innerhalb einer anderen Scherbe (AAR-11483) fanden wir einen kleinen Pflanzenrest, den wir ebenfalls datierten. Die Datierung des Pflanzenrests auf 4900 v. Chr. gibt wahrscheinlich das wahre Alter der Keramik an.

Insgesamt zeigen die Experimente und Analysen von archäologischem Material, dass es unwahrscheinlich ist, dass die Keramik aus Schlamersdorf und Kayhude älter als 5000 v. Chr. ist.

Ausblick

Die Arbeitshypothese war, dass sich die Kruste bei einem „Kochunfall“ bildet, also beim einmaligen Anbrennen eines Gerichtes. Da wir in unseren Experimenten jedoch herausfanden, dass die Krustenbildung sehr lange dauert, ist es unwahrscheinlich, dass die große Anzahl von Speisekrusten auf der Neustädter Keramik auf diese Weise entstanden ist. Es soll deswegen überprüft werden, ob sich bei wiederholter Benutzung der Keramik, ohne Anbrennen, auch nach und nach eine Kruste bildet.

Danksagungen

Wir möchten uns bei Sönke Hartz (Stif-

tung Schleswig-Holsteinische Landesmuseum Schloss Gottorf) für sein Engagement bei der Durchführung der Experimente sowie für den wissenschaftlichen Austausch herzlich bedanken. Ingo Clausen (Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein) danken wir für den Zugang zur Keramik von mesolithischen Fundplätzen Schleswig-Holsteins.

Literatur

ANDERSEN, S. H. 1975: Ringkloster, en jysk inlandaboplads med Ertebøllekultur. *Kuml* 1973-74 (1975), 11-108.

ANDERSEN, S. H., MALMROS, C. 1985: Madskorpe på Ertebøllekar fra Tybrind Vig. *Aarbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie* 1984 (1985), 78-95.

BRONK RAMSEY, C. 2009: Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51, 2009, 337-360.

CLAUSEN, I. 2007: Steinzeitliches Alstervergnügen. *Archäologie in Deutschland* 2007/2, 54.

CRAIG, O. E. 2004: Organic analysis of "food crusts" from sites in the Schelde valley, Belgium: a preliminary evaluation. *Noae Praehistoricae* 24, 2004, 209-217.

FISCHER, A., HEINEMEIER, J. 2003: Freshwater Reservoir Effect in 14C Dates of Food Residue on Pottery. *Radiocarbon* 45(3), 2003, 449-466.

GLYKOU, A. 2010: Technological and typological analysis of Ertebølle and early Funnel Beaker pottery from Neustadt LA 156 and contemporary sites in northern Germany. In: B. Vanmontfort u. a. (eds.), *Pots, Farmers and Foragers: Pottery traditions and social interaction in the earliest Neolithic of the lower Rhine Area*. *Archaeological Studies Leiden University* 20, 2010, 177-188.

GLYKOU, A. 2011a: Neustadt – ein sub-

mariner Fundplatz des späten Mesolithikums und frühesten Neolithikums in Schleswig-Holstein. Untersuchungen zur Subsistenzstrategie der letzten Jäger, Sammler und Fischer an der norddeutschen Ostseeküste. Dissertation Kiel 2011.

GLYKOU, A. 2011b: Neustadt LA 156: A submarine site from the Late Mesolithic-Ertebølle and earliest Neolithic-Funnel Beaker in Northern Germany – first results of the typological and technological analysis of the ceramics. Bericht der Römisch-Germanischen Kommission 89, 2008 (2011), 277-286.

HALLGREN, F. 2004: The introduction of ceramic technology around the Baltic Sea in the 6th millennium. In: H. Knutsson (Hrsg.), Coast to coast – arrival. Proceedings of the Final Coast to Coast Conference, 1-5 Oct. 2002 in Falköping, Sweden. Uppsala: Coast to Coast Project, 2004, 123-142.

HALLGREN, F., POSSNERT, G. 1997: Pottery design and time. The pottery from the TRB site Skogsmossen, in view of the AMS-datings of organic remains on potsherds. *Tor* 29, 1997, 113-136.

HARTZ, S. 1996: Zehnter Arbeitsbericht des Archäologischen Landesamtes Schleswig-Holstein. Grabungsberichte der Jahre 1988-1993: Travenbrück (Altgemeinde Schlamersdorf), Kr. Stormarn, Steinzeitliche Wohnplätze Travenbrück, LA5 und LA15. *Offa* 53, 1996, 374-378.

HARTZ, S. 1997: Ertebøllekultur im Travetal. Ausgrabungen auf dem Fundplatz Travenbrück LA 5 (Gemarkung Schlamersdorf), Kreis Stormarn. Ein Vorbericht. In: *Denkmalpflege im Kreis Stormarn III*. Stormarner Hefte 20, 1997, 171-186.

HARTZ, S. 2011: From pointed bottom to round and flat bottom – tracking early

pottery from Schleswig-Holstein. Bericht der Römisch-Germanischen Kommission 89, 2008 (2011), 241-276.

HARTZ, S., GLYKOU, A. 2008: Neues aus Neustadt: Ausgrabungen zur Ertebølle- und frühen Trichterbecher-Kultur in Schleswig-Holstein. *Archäologische Nachrichten aus Schleswig-Holstein* 2008, 17-19.

HARTZ S. U. A. 2001: Neustadt-Marienbad wiederentdeckt – Jäger und Fischer der Ertebøllekultur an der ostholsteinischen Ostseeküste. *Archäologische Nachrichten aus Schleswig-Holstein* 12, 2001, 7-26.

HEDGES, R. E. M. U. A. 1995: Radiocarbon Dates from the Oxford AMS System: *Archaeometry Datelist* 19. *Archaeometry* 37, 1995, 195-214.

HULTHÉN, B. 1977: On Ceramic Technology during the Scanian Neolithic and Bronze Age. *Theses and Papers in North-European Archaeology* 6. Stockholm 1977.

KLINGE, M. 1934: Stenalderens Affaldsdynger. Hvilke Forhold typer paa, at de store Lerkar er blevet anvendt til Saltkogning? *Naturens verden* 18(2), 1934, 60-70.

KOCH, E. 1998: Neolithic Bog Pots from Zeeland, Møn, Lolland and Falster. *Nordiske Fortidsminder Serie B Volume 16*. Kopenhagen 1998.

KOCH NIELSEN E. 1987: Ertebølle and Funnel Beaker Pots as tools. On traces of Production Techniques and Use. *Acta Archaeologica* 57, 1987, 107-120.

PHILIPPSEN, B. 2010a: Die älteste Keramik. *Archäologische Nachrichten aus Schleswig-Holstein* 15, 2009 (2010), 52-55.

PHILIPPSEN, B. 2010b: Terminal Mesolithic Diet and Radiocarbon Dating at Inland Sites in Schleswig-Holstein. *Landscapes and Human Development: The Contributi-*

on of European Archaeology. Proceedings of the International Workshop "Socio-Environmental Dynamics over the Last 12,000 Years: The Creation of Landscapes (1st - 4th April 2009)". Aus der Graduiertenschule "Human Development in Landscapes" der Universität Kiel. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 191. Bonn 2010, 21-36.

REIMER, P. J. ET AL. 2009: IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP. Radiocarbon 51(4), 2009, 1111-1150.

RICE, P. M. 1987: Pottery Analysis. A sourcebook. The University of Chicago Press. Chicago, London 1987.

TITE, M. S. 2004: Production Technology of Ancient Pottery. In: M. Martini, M. Milazzo, M. Piacentini (Hrsg.), Physics Methods in Archaeometry. Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", Course CLIV. Amsterdam 2004, 357-367.

Autoren

Bente Philippsen
Institut for Fysik og Astronomi
Aarhus Universitet
Ny Munkegade 1520
DK-8000 Aarhus C
bphilipp@phys.au.dk

Aikaterini Glykou
Stiftung Schleswig-Holsteinische
Landesmuseen
Schloss Gottorf
D-24837 Schleswig
aikaterini.glykou@schloss-gottorf.de

Harm Paulsen
Altfeld 23
D-24837 Schleswig

Abbildungsnachweis

Abb. 1: B. Philippsen nach Karten der commons.wikimedia-Benutzer Ssolbergj und Begw und Daten von Sönke Hartz 2006

Abb. 2-5: Foto A. Glykou

Abb. 6: Foto B. Philippsen

Abb. 7: Fotos A. Glykou, B. Philippsen

Abb. 8-10: B. Philippsen

ISBN 978-3-9813625-7-2