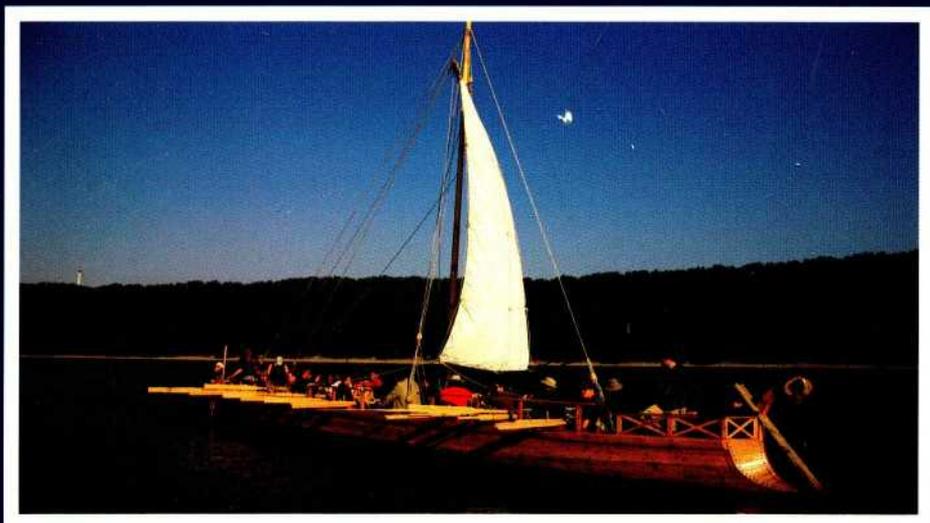
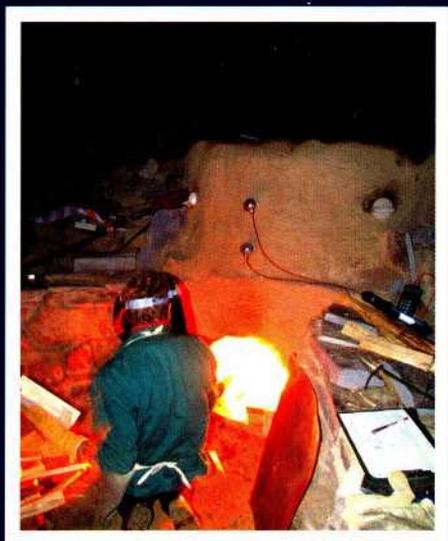


EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE

in Europa

BILANZ 2015



EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN EUROPA
BILANZ 2015
Heft 14

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 2015



Unteruhldingen 2015

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,
Peter Walter

Textverarbeitung und Layout: Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller

Bildbearbeitung: Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller

Umschlaggestaltung: Thomas Lessig-Weller, Ulrike Weller

Umschlagbilder: Erica Hanning, Simon Timberlake, Brenda Craddock, A. Thull

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 978-3-944255-03-3

© 2015 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

Gunter Schöbel

Vorwort

8

Experiment und Versuch

Ralf Laschimke, Maria Burger

Die Anfänge der Kupfermetallurgie – archäometallurgische Versuche zur Verhüttung von Malachit am offenen Feuer

10

Jonas Nyffeler

Absicht oder Zufall? Untersuchungen zu verbrannten Axtfragmenten der neolithischen Siedlung Gachnang/Niederwil-Egelsee

21

Sandra Umgeher-Mayer

Vom Wegesrand in den Kochtopf! Ein kulinarischer Versuch mit den Unkräutern Weißer Gänsefuß und Knoblauchsrauke

32

Hannes Lehar

Die Wasserspülung der römischen Latrinen. Spül- und Schwemmversuche in einem Teilnachbau der Latrine der „Kleinen Thermen“ von Cambodunum

39

Dominik Hagmann, Alarich Langendorf, Romina Weitlaner

Experimentalarchäologische Untersuchungen zu römischem Getreidebrei – Bericht zur methodischen Vorgehensweise des ersten Laborexperiments „LNF2012“

52

Sabine Ringenberg

Die Bleikessel von Pompeji – Ein Experiment zur Färbetechnik

61

Jan Hochbruck

„... und, wenn es Dein Wachs vermöchte, male sie von Salbe duftend“
Über Wachsmalerei

67

Frank Wiesenberg
Das römische Glasofenprojekt im Archäologiepark Römische Villa Borg
(„Borg Furnace Project“). Rekonstruktion und erste Betriebsphasen 73

Arne Döpke
Die Lusoria Rhenana als Forschungsgegenstand innerhalb spätantiker
römischer Grenzverteidigung an den germanischen Provinzgrenzen 83

Rekonstruierende Archäologie

Frank Trommer, Angelika Holdermann
Der Feuerbohrer – Reibung, Ritus, Religion 93

Wolfgang F. A. Lobisser
Zur Rekonstruktion eines bronzezeitlichen Streitwagens nach archäologischen
Befunden der Sintašta-Kultur im Transural 101

Michael Konrad, Wolfgang F. A. Lobisser
Das Rekonstruktionsmodell einer idealisierten Bronzegusswerkstätte nach
archäologischen Befunden der späten Bronzezeit im Freilichtbereich des
Museums für Urgeschichte in Asparn an der Zaya in Niederösterreich 119

Thomas Flügen
Die antike Steindrehbank – Eine vergessene Maschine wird rekonstruiert 133

Vermittlung und Theorie

Simon Timberlake
Predictive experimental archaeology as a tool in the study of ancient mining
and metallurgy 145

Maren Siegmann
zukû, bûsu, tersûtu. Von der Kunst, farbiges Glas zu machen 165

<i>Andreas Klumpp</i> Culina Historica – Archäologie und Kochbuchforschung	183
<i>Stephan Patscher</i> Die Sprache der Spuren, Anhaftungen und Absorption – zur Rolle der wissenschaftlichen archäologischen Restaurierung für die Lesbarkeit archäologischer Metall-Objekte	191
<i>Michael Herdick</i> Experimentelle Archäologie & Science 2.0: Die Perspektive des Labors für Experimentelle Archäologie (LEA)	203
<i>Andreas Sturm</i> Jenseits der akademischen Lehre – Einige Thesen zur Qualitätssicherung in der Performativen Geschichtsdarstellung	214
Kurzberichte, Jahresbericht und Autorenrichtlinien	
<i>Claudia Merthen</i> Dechsel am Altenberg. Zu den Wicklungen der Werkzeugnachbauten	224
<i>Ulrike Weller</i> Vereinsbericht der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie e.V. (EXAR) für das Jahr 2014	227
Autorenrichtlinien „Experimentelle Archäologie in Europa“	232

Vorwort

Mayen in der Vulkaneifel war das Ziel der 12. Jahrestagung der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie im Jahre 2014. Das Labor für Experimentelle Archäologie (LEA), eine Außenstelle des Römisch-Germanischen-Zentralmuseums in Mainz (RGZM), bot uns dankenswerter Weise in Zusammenarbeit mit Stadt und Landkreis Räumlichkeiten und Logistik hierfür an. Exkursionen in die benachbarten Museen und Fundstätten ergänzten das viertägige Programm. 20 Vorträge und eine begleitende Poster-Session fassten die neuesten Ergebnisse zusammen. Ein Jahr später liegen die Beiträge im Rahmen der *Bilanz* pünktlich zur nächsten Tagung 2015 auf der Saalburg vor.

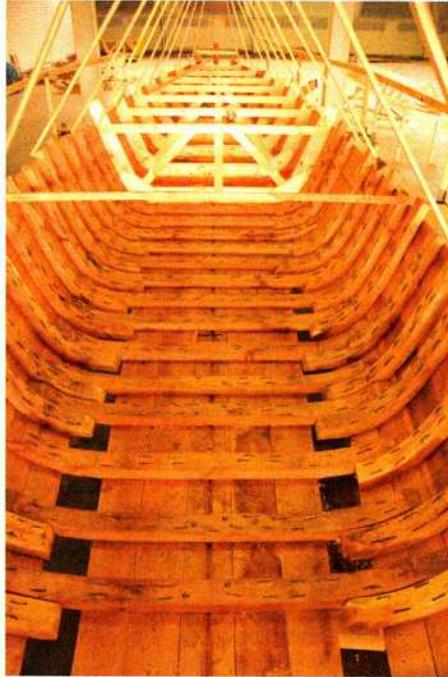
Experimente und Rekonstruktionen anhand von archäologischen Funden zum Zwecke der Vermittlung haben Tradition in Deutschland und sind keine Erfindung unserer Zeit. Das RGZM steht seit seiner Gründung in den 1850er Jahren unter Ludwig Lindenschmidt d. Ä. für das fachgerechte Ergründen stofflicher Zusammenhänge von Museumsobjekten, von Produktionsverfahren, für originalgetreue Repliken und die Vermittlung von Erkenntnissen an ein breites Publikum. Schon 1861 waren nach Berichten durch Museumsassessor Paulus 2500 Stücke von archäologischer europäischer Relevanz nachgebildet worden, um 1900 waren es schon 13 400. Zweifelsohne waren für stoffechte Nachbildungen immer beste Materialkenntnis und großes handwerkliches Geschick nötig. Ob Studien zum Überfangguss, zur Töpferei, zur antiken Schifffahrt, zur Ausrüstung des Steinzeitmenschen Ötzi, bis zur Terrakottaarmee

des ersten Kaisers – das RGZM spielte mit seiner methodischen Fachkenntnis und seinen Restauratorenwerkstätten immer eine führende Rolle. Insofern war die Wahl des Tagungsortes in Mayen, der 2012 eröffneten jüngsten Außenstelle des Mainzer Museums auch eine Vergegenwärtigung von mehr als 150 Jahren Experimenteller Archäologie und ein Erkundungsgang in die Formen jüngster Methodik.

Im Band finden sich Abhandlungen unserer Mitglieder aus Deutschland, Österreich, der Schweiz, und Großbritannien. Der Bogen spannt sich quer durch die Zeiten, vom Neolithikum bis in die Spätantike und ins Spätmittelalter. Spurenanalyse, Experiment und Rekonstruktion führen zu Interpretationen und Informationen, die unseren Jahresbericht wiederum unterhaltsam und lesenswert gestalten. Nicht nur Kochversuche, sondern sogar auch Tests von Latrinen oder die Betrachtung von nicht ungefährlichen Färbevorgängen mit Bleikesseln in römischer Zeit erweitern unseren Wissenshorizont. Perspektiven für die akademische Ausbildung und die Qualitätssicherung jenseits der akademischen Geschichtsvermittlung werden hinterfragt. Beides wird uns als Disziplin weiter intensiv beschäftigen müssen, wenn wir die Experimentelle Archäologie als Studienfach, Methode und Handwerk weiter entwickeln möchten.

Ihnen allen viel Freude beim Lesen.

Prof. Dr. Gunter Schöbel
Vorsitzender



Experiment und Versuch

Die Anfänge der Kupfermetallurgie – archäometallurgische Versuche zur Verhüttung von Malachit am offenen Feuer

Ralf Laschimke, Maria Burger

Summary – Archaeometallurgical experiments on extracting copper from malachite in open fireplaces. *The use of the copper metal began about 10000 years ago. It is assumed, that the extraction of copper metal from copper ore was carried out in open fireplaces, but the smelting technology that the early metallurgists had applied is not yet fully understood. Several researchers reported archeometallurgical experiments with pellets containing crushed malachite, pulverized charcoal, and clay. However, these experiments provided only very small quantities of copper in the form of tiny prills. A series of experiments was performed with the aim to improve metallurgical performance. Instead of crushed malachite, malachite pieces of 15 to 20 mm in diameter were inserted into charcoal/clay-pellets of about 50 mm in diameter. These pellets were heated in the embers of an open fireplace. Thereafter, the pellets were quenched in water. After cooling, the pellets could be easily crushed since no slag had developed. The aggregates of metallic copper, generated by the reduction process inside the pellets, were separated from the crushed pellets. The copper aggregates show an extremely high porosity, caused by their decrease in volume during the reduction process. Due to its large internal surface the porous copper is very sensitive to re-oxidation. Even, between 800 and 600°C intense re-oxidation takes place. To avoid this, the pellets were removed from the fire and quenched in water. This way ductile copper beads were obtained. The interaction of reduction and re-oxidation is shown in a time-temperature diagram. Both, the malachite and extracted copper we investigated by chemical and metallographic methods. The composition of the experimental copper is indistinguishable from many objects of the Chalcolithic period. The metal taken from several experimental pellets was melted in a modern ceramic crucible and used for casting a copy of a Chalcolithic flat axe. Further, we show that the very old copper artefacts excavated in Aşikli Höyük and in Mersin-Yumktepe are made by forging of native copper, possibly re-melted in pellets.*

Im Jahre 1964 wurden bei archäologischen Grabungen in der frühneolithischen Siedlung Çayönü Tepesi in Ost-Anatolien Artefakte aus Kupfer gefunden (MADDIN, STECH, MUHLY 1980, 211-225). Für die Archäologen war es unvorstellbar, dass dieses Kupfer im Frühneolithikum vor ca.

10000 Jahren aus Kupfererzen gewonnen worden sein könnte. Man kam zu der Überzeugung, dass es sich nur um gediegenes Kupfer handeln kann (ÖZDOGAN, ÖZDOGAN 1999, 13-23). Als 1991 in Aşikli Höyük/Anatolien 45 Schmuckperlen aus Kupfer gefunden wurden, die ebenfalls



Abb. 1: Malachit-Abschläge, die für die Verhüttung nach der Pellet-Technologie verwendet wurden. – Pieces of malachite prepared for extracting copper using pellet technology.



Abb. 2: Pellets in einem Holzkohlefeuer. Die Luftzufuhr erfolgt von der Seite aus, um ein Temperaturgefälle zu erzeugen. – Pellets in a bed of charcoal. The air supply is from one side only to generate a temperature gradient.

ins 10. Jahrtausend BP datiert wurden, kam man nach umfangreichen Materialuntersuchungen erneut zu dem Schluss, dass es sich um gediegenes Kupfer handelt (YALÇIN, PERNICKA 1999, 45-54). Da es im vorkeramischen Frühneolithikum noch keine Schmelztiegel gab, geht man bis heute davon aus, dass das gediegene Kupfer ohne vorheriges Umschmelzen direkt durch Schmieden verarbeitet worden

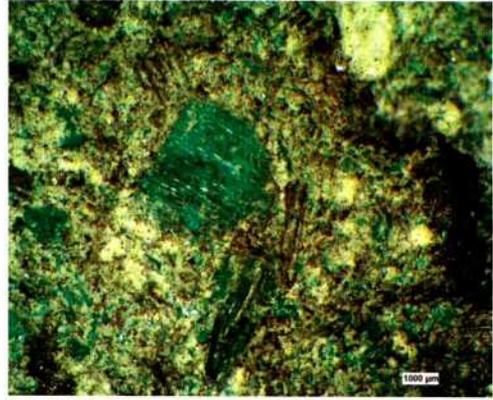


Abb. 3: Malachitstück, eingebettet in ein Pellet aus feuchtem Lehm und Holzkohlepulver. – A piece of malachite inserted in a pellet made of damp clay and charcoal.

ist (ENSIN 1999, 23-30). Unsere Experimente zeigen, dass die Gewinnung von Kupfer aus Malachit und das Umschmelzen von Kupfer auch ohne die Verwendung von keramischen Tiegeln mit den technischen Mitteln des Frühneolithikums möglich gewesen wäre.

Experimente

Für die Verhüttungsversuche stand uns Malachit aus dem Kongo zur Verfügung. Von einem größeren Malachitbrocken haben wir 1 bis 2 cm lange Abschläge hergestellt (Abb. 1) und in golfballgroße Pellets eingebettet. Die Pellets bestanden aus einer Mischung von 1 Raumteil Lehm und 2 Raumteilen Holzkohlepulver. Das Gemisch war mit Wasser zu einer knetbaren Masse angemacht worden. In jedes Pellet wurden 3 bis 4 Malachitstücke eingebettet. Die Pellets wurden nach Lufttrocknung in die Glut eines Holzkohlefeuers gelegt. Durch einseitige Luftzufuhr (Abb. 2) entstand in dem Feuer ein Temperaturgefälle, das die Ermittlung des in Abb. 10 dargestellten Zeit-Temperatur-Schaubildes ermöglichte.

Abb. 3 zeigt ein eingebettetes Malachitstück vor Beginn des Versuches. In der

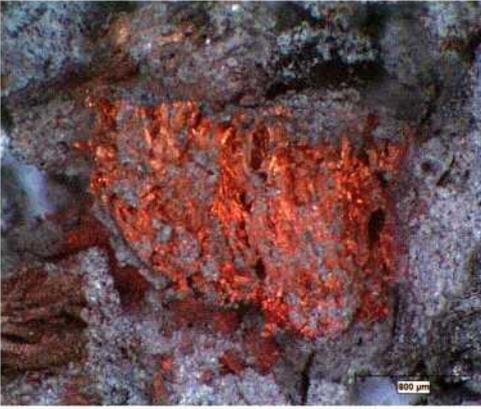


Abb. 4: Kupferaggregat, das durch Reduktion von Malachit in einem Pellet entstanden ist. – Aggregate of copper extracted from malachite in a pellet.



Abb. 6: Die Reduktion von Malachit erfolgt weit unterhalb des Schmelzpunktes des Kupfers. – The reduction of malachite takes place below the melting point of copper.



Abb. 5: Bei der Reduktion von Malachit hat sich in dem Pellet keine Schlacke gebildet. – The process of extracting copper from malachite works without the formation of slag.

Glut des Feuers wird der Malachit zu metallischem Kupfer reduziert (Abb. 4). Wie aus Abb. 5 hervorgeht, hat sich bei dieser Reduktion keine Schlacke gebildet, da alle Reaktionen über die Gasphase abgelaufen sind. Die entstandenen Aggregate aus Kupfer (Abb. 6) weisen zahlreiche Risse und Poren auf. Man erkennt, dass das Kupfer noch nicht schmelzflüssig war und äußerst brüchig ist. In dieser Form kann das Kupfer nicht verwendet werden. Die Oberfläche der Kupferaggregate ist unterschiedlich oxidiert. Man erkennt



Abb. 7: Das in einem Pellet durch Reduktion von Malachit entstandene Kupfer weist zahlreiche Risse und Poren auf, die das Eindringen von Luftsauerstoff und die innere Oxidation erleichtern. – The copper extracted from malachite shows extreme porosity, which permits oxidation from within.

schwarzes CuO , rötliches Cu_2O und lachsrotes metallisches Kupfer. Unter dem Mikroskop (Abb. 7) wird sichtbar, dass die Kupferaggregate extrem porös und deshalb sehr oxidationsempfindlich sind. Werden die Pellets im Feuer bis über den Schmelzpunkt des Kupfers (1083°C) erwärmt, so entstehen aus den porösen Kupferaggregaten dichte, rundli-



Abb. 8: Schmelzperlen aus Kupfer, die in einem Pellet durch Aufschmelzen von porösen Kupferaggregaten entstanden sind. Einige der größeren Schmelzperlen sind durch Zusammenschmelzen von kleineren Schmelzperlen entstanden. – Beads of ductile copper, generated by re-melting the porous copper from inside the pellets. Some of the large beads are formed by fusion of smaller beads.

che Schmelzperlen (Abb. 8), die warm wie auch kalt bestens verformbar sind. Die Verhüttung von Kupfererzen mittels kohlenstoffhaltiger Pellets wird in Nepal noch heute praktiziert (ANFINSET 2011, 34-61). S. Timberlake hat in Anlehnung an diesen ethnometallurgischen Verhüttungsprozess eine Reihe von Experimenten zur Gewinnung von Kupfer aus Malachit durchgeführt (TIMBERLAKE 2007, 27-36). Das Ausbringen an verwertbarem Kupfer war bei diesen Versuchen allerdings ziemlich gering. P. Craddock (CRADDOCK, MEEKS, TIMBERLAKE 2007, 37-45) erzielte in Zusammenarbeit mit Timberlake eine höhere Ausbeute an Kupfer, jedoch hauptsächlich in Form von „tiny prills“, die nicht zur Weiterverarbeitung durch

Schmieden geeignet gewesen wären. Wir haben größere, schmiedbare Schmelzperlen erhalten und führen dies darauf zurück, dass wir die Re-oxidation des Kupfers während des Verhüttungsprozesses verhindert haben.

Abb. 9 zeigt das Innere eines nur teilweise zu Kupfer reduzierten Malachitbrockens. Der Kern des Brockens besteht aus noch nicht reduziertem, schwarzem Kupferoxid CuO , das in dem Pellet durch thermische Zersetzung von Malachit entstanden ist. Nach außen hin schließt sich eine Zone von rotem Cu_2O an und daran eine Schicht von metallischem Kupfer. Die Außenfläche der Kupferschicht ist bereits wieder mit schwarzem Kupferoxid bedeckt, das sich während der

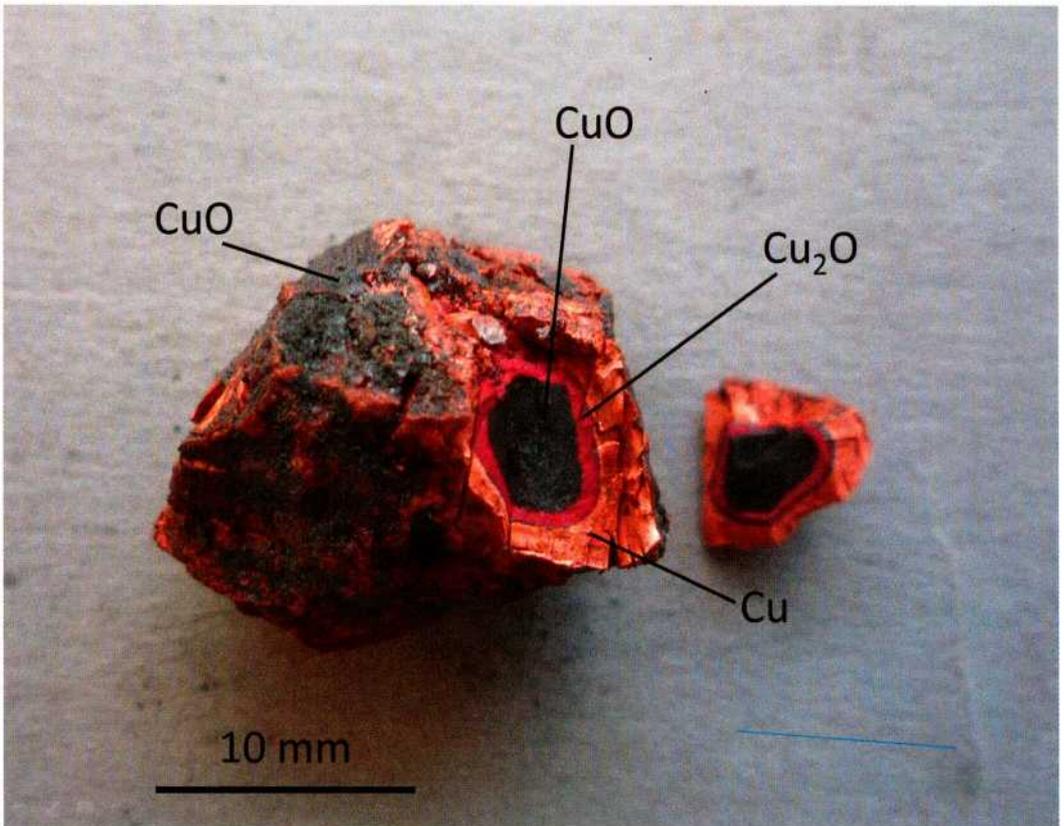


Abb. 9: Nur teilweise bis zu metallischem Kupfer reduziertes Malachitstück. Die Oberfläche des Kupfers ist wieder zu schwarzem CuO re-oxidiert worden. – Malachite which is only partly reduced to copper metal. The surface of the copper has re-oxidized again to black CuO.

Abkühlung des Pellets durch Re-oxidation gebildet hat.

Das Wechselspiel von Reduktion und Re-oxidation haben wir in dem Zeit-Temperatur-Schaubild Abb. 10 dargestellt. Wir betrachten zunächst die rote Kurve. Der hydroxidisch-karbonatische Malachit wird bei ca. 250°C thermisch zu CuO, CO₂ und H₂O zersetzt. Bei 700°C reagiert das aus dem Lehm nur langsam dampfförmig entweichende Wasser mit dem Kohlenstoff der Holzkohle und bildet Wassergas, das aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid besteht. Beide Gase wirken reduzierend auf CuO, wobei die Reduktionswirkung von CO mit steigender Temperatur stark zunimmt.

In einem der Pellets hatten wir neben

dem Malachitpartikel ein Silberpartikel eingebaut (Abb. 10, rechts oben). Man erkennt, dass das Silber, dessen Schmelzpunkt bei 961°C liegt, noch nicht geschmolzen war, aber der Malachit ist bereits vollständig in poröses Kupfer umgewandelt worden. Wird das Pellet in diesem Stadium aus dem Feuer genommen und schnell mit Wasser abgekühlt, so wird das Kupfer nicht re-oxidiert und behält seine rote Farbe.

Wir betrachten die grüne Kurve. Es werden zunächst die gleichen Stadien durchlaufen wie bei der roten Kurve. Danach steigt die Temperatur für kurze Zeit über den Schmelzpunkt des Kupfers an. Anschließend erfolgt wieder schnelle Abkühlung mit Wasser. Es werden nichtoxidier-

Extraction of copper from malachite

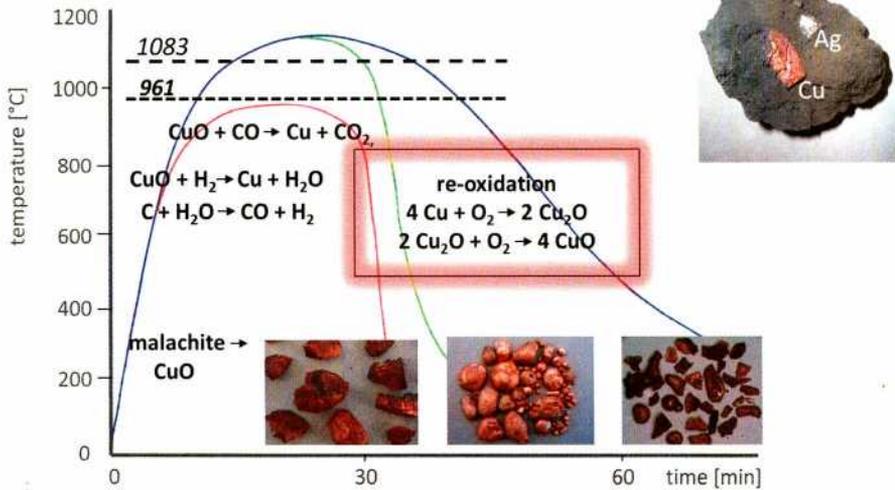


Abb. 10: Zeit-Temperatur-Schaubild, das die Wechselwirkung von Reduktion und Re-oxidation von Kupfer bei der Verhüttung von Malachit mit Pellets zeigt (schematisch). – Diagram showing the interaction of oxidation and re-oxidation of copper during the pellet technology process (schematic).

te, dichte Schmelzperlen (Abb. 8) erhalten, die eine hervorragende Duktilität besitzen.

Wir betrachten die blaue Kurve. Das Kupfer wurde im Inneren des Pellets längere Zeit schmelzflüssig gehalten. Danach wurde das Pellet langsam am Rande des Feuers abgekühlt. Das Ergebnis waren stark oxidierte „prills“. Für die drei unterschiedlichen Versuchsergebnisse haben wir folgende Erklärung: Innerhalb des in Abb. 10 rot eingerahmten Bereiches bietet Kohlenmonoxid für das Kupfer nur einen schwachen Oxidationsschutz. Dies ist bedingt durch den mit sinkender Temperatur geringer werdenden Unterschied der freien Enthalpie von CuO und CO (siehe Lehrbücher der Physikalischen Chemie: Ellingham-Diagramm). Bei langsamer Abkühlung ist die Verweilzeit im

kritischen, roten Bereich länger, und es kommt zu einer erhöhten Re-oxidation des Kupfers durch Luftsauerstoff. Um die Re-oxidation zu vermindern, haben wir die Pellets bei den meisten Versuchen nach 30 bis 35 Minuten Reaktionszeit aus dem Feuer genommen und mit Wasser abgekühlt. Dabei haben wir die in Abb. 8 gezeigten Schmelzperlen erhalten. Ein wichtiger Prozessparameter war die Korngröße des eingesetzten Malachits. Wird der Malachit stark zerkleinert, so kommt es zu stärkerer Re-oxidation des Kupfers. Wir haben mit Malachitstücken von 15 bis 20 mm Länge (Abb. 1) die besten Ergebnisse erzielt.

Bei einer Prozessführung gemäß der grünen Kurve haben wir pro Pellet bis zu 25 Gramm Kupfer erhalten. Das Kupfer ist sehr rein und enthält außer 0,25% Eisen

Das Ötzi-Beil 5300 BP



copper extracted from malachite

Abb. 11: Replik des chalkolithischen Ötzi-Beiles. Die Replik wurde aus Kupfer gegossen, das mit Hilfe der Pellet-Technologie aus Malachit gewonnen worden war. – Replica of the chalcolithic Ötzi axe. The processed copper was extracted from malachite by means of the above described pellet technology.

alle anderen Beimengungen nur in sehr geringen Konzentrationen (Abb. 14). Obwohl das einzelne Pellet nur eine geringe Menge Kupfer liefert, ist die Pellet-Technologie ergiebig, wenn die aus vielen Verhüttungsgängen gewonnenen Schmelzperlen gesammelt werden. Um dies zu demonstrieren, haben wir mit dem aus 24 Pellets gewonnenen Kupfer ein 180 g schweres kupfersteinzeitliches Flachbeil gegossen (Abb. 11). Die Schmelzperlen wurden in einem modernen Keramiktiegel in einem elektrisch beheizten Kammerofen unter reduzierenden Bedingungen eingeschmolzen. Die Kupferschmelze wurde in eine nach dem Wachs-ausschmelzverfahren hergestellte Keramikform gegossen. Flachbeile aus Kupfer er-

scheinen bekanntlich erst im späten Neolithikum. Die frühneolithischen Artefakte aus gediegenem Kupfer sind wesentlich kleiner und sind nicht gegossen, sondern geschmiedet.

Ü. Yalçın berichtet, dass zu Beginn des 7. Jahrtausends BP in Yumuktepe/Mersin in Süd-Anatolien alles Kupfer, sowohl das gediegene wie auch das verhüttete Kupfer, umgeschmolzen wurde, bevor es geschmiedet worden ist (YALÇIN 2000, 119-129). Über die Technologie des Umschmelzens und des Verhüttens hat man keine klare Vorstellung. Keramische Schmelztiegel sind in Yumuktepe nicht gefunden worden. Der einzige Weg, auch ohne Keramiktiegel mit geschmolzenem Kupfer umzugehen, ist die Pellet-Techno-

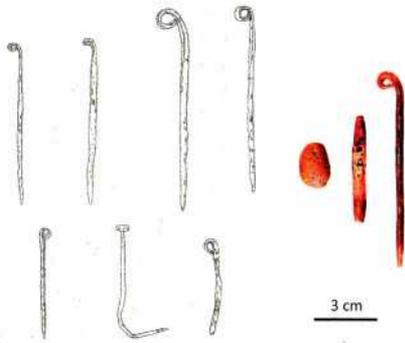


Abb. 12: Kupfernadeln aus der frühneolithischen Siedlung Meresin-Yumuktepe/Anatolia und experimentell hergestellte Replik. Für die Herstellung der Replik wurde aus einer Schmelzperle bei Rotglut ein Bolzen geschmiedet und dieser im kalten Zustand zu einer Nadel ausgehämmert. – Neolithic copper pins excavated in Meresin-Yumuktepe/Anatolia. For making a replica a copper bead was forged when red hot to create a bolt and cold hammered to make a pin.

logie. Wir betrachten das Pellet deshalb als die Urform des metallurgischen Tiegels. Mit der Pellet-Technologie kann Kupfererz im offenen Feuer verhüttet oder bereits verhüttetes Kupfer bzw. gediegenes Kupfer umgeschmolzen werden. Berühren sich in einem Pellet mehrere Schmelzperlen, so verschmelzen sie zu einem größeren Regulus (Abb. 8). Ein Nachteil der Pellet-Technologie ist, dass die Kupferschmelze nicht in eine separate Gießform abgegossen werden kann.

Von den in Yumuktepe gefundenen Artefakten aus Kupfer sind vor allem die auf 6000 BP datierten Nadeln interessant. Eine solche Nadel haben wir aus einer der Schmelzperlen (Abb. 8) nachgebildet. Zur Herstellung der Nadel musste die Schmelzperle stark ausgeschmiedet werden. Eine solche hochgradige Umformung gelingt nur, wenn das Kupfer frei ist von nichtmetallischen Einschlüssen. Derartige Inhomogenitäten treten bei gediegenem



Abb. 13: Schmuckperlen aus der frühneolithischen Siedlung Aşikli Höyük/Anatolien, Funde und experimentell hergestellte Repliken. a) Für die Herstellung einer Replik wurde eine Schmelzperle bei Rotwärme zu einer Ronde gestaucht und diese im kalten Zustand zu einer Schmuckperle aufgerollt; b) Für die Herstellung einer Replik wurde eine Schmelzperle bei Rotwärme um einen Dorn aus Stein geschmiedet. Der dabei entstandene Grat wurde auf einer Sandsteinplatte abgeschliffen. Es entstand eine glatte, rundliche Schmuckperle. – Decorative copper beads excavated at the early-neolithic settlement of Aşikli Höyük/Anatolia and replicas. a) In order to make the replica, a ductile copper bead was forged red hot to make a round blank and then cold-rolled to make a decorative bead; b) This replica was made by forging a red hot ductile copper bead around a stone bolt. The edge was ground down on sandstone until a smooth, round decorative bead developed.

Kupfer ziemlich oft auf, bei unseren experimentell erzeugten Schmelzperlen wurden sie hingegen nicht beobachtet. Wir haben eine Schmelzperle zwischen 800°C und 700°C vorgeschmiedet und im kalten Zustand mit mehreren Zwischenglühungen zu einer Nadel mit gebogenem Kopf fertiggeschmiedet (Abb. 12). Auch die eingangs erwähnten Schmuckperlen

Copper extracted from malachite

Element	Malachit [%]	Kupfer [%]	Methode
Cu	56,3	99,0	Flammen-AAS
Sn	< 0,005	< 0,005	ICP-OES
Pb	< 0,02	< 0,02	ICP-OES
Ag	< 0,005	< 0,005	Flammen-AAS
Au	< 0,002	< 0,002	ICP-OES
Fe	0,25	0,12	Flammen-AAS
Co	0,044	0,040	ICP-OES
Ni	0,005	0,005	Flammen-AAS
Bi	< 0,005	< 0,005	ICP-OES
Sb	< 0,02	< 0,02	ICP-OES
As	< 0,005	0,007	ICP-OES
Zn	0,006	0,010	Flammen-AAS
S	< 0,001	< 0,001	LECO CS230

Abb. 14: Chemische Zusammensetzung des für unsere Experimente verwendeten Malachits und des daraus erzeugten Kupfers. Das Probematerial für die Analyse wurde aus dem Eingusssystem des Flachbeiles von Abb. 11 entnommen. Die angegebenen Werte stellen also Mittelwerte aus einer Vielzahl von Schmelzperlen dar. – Chemical composition of the malachite and the copper extracted by pellet technology. The sample material was taken from the chalcolithic axe shown in Fig. 11. In this way we determined the average composition of a large number of copper beads.

von Aşikli Höyük haben wir auf diese Weise aus Schmelzperlen nachgebildet (Abb. 13).

Man nimmt allgemein an, dass die Schmuckperlen von Aşikli Höyük hergestellt worden sind, indem in der Natur gefundenes, gediegenes Kupfer zu Blech ausgehämmert und zu kleinen Hohlzylindern aufgerollt worden ist. Diese Version wurde jedoch niemals experimentell überprüft. Bemerkenswert ist, dass die 45 Schmuckperlen von Aşikli Höyük fast alle die gleiche Größe und Form haben. Wir vermuten, dass sie aus gleichmäßig portioniertem Vormaterial geschmiedet wor-

den sind. Wir halten es jedoch für zweifelhaft, dass in der Natur gefundene, unregelmäßig geformte Aggregate aus gediegenem Kupfer (YALÇIN, MAASS 2013, 1-5) mit den Steinwerkzeugen des Frühneolithikums in schmiedegerechte, für Schmuckperlen passende Vormaterialstücke zerteilt werden konnten. Wir nehmen an, dass inhomogene, von Cuprit und Malachit durchwachsene und darum nicht schmiedbare Stücke aus gediegenem Kupfer mit Hilfe der Pellet-Technologie zu dichten, leicht schmiedbaren Schmelzperlen von annähernd gleicher Größe umgeschmolzen worden sind.

Ausgesuchte Schmelzperlen wurden sodann im rotwarmen Zustand zu Ronden gestaucht und zu Schmuckperlen aufgerollt (Abb. 13). An den aneinandergefügten Rändern der aufgerollten Ronden entstanden dabei zungenartige Überlappungen. Da die von uns experimentell hergestellten Schmuckperlen exakt die gleiche Art von Überlappungen aufweisen, kommen wir zu dem Schluss, dass die Schmuckperlen von Aşikli Höyük aus Schmelzperlen, die mit der Pellet-Technologie gewonnen worden sind, geschmiedet wurden.

Schlussbemerkung

Die Schmuckperlen von Aşikli Höyük stellen aus unserer Sicht einen indirekten Beweis dafür dar, dass die Pellet-Technologie in der Frühphase der Kupfermetallurgie bekannt war. Es gibt allerdings keine direkten archäologischen Belege, die zeigen, in welchem Maße das tiegellose Verhütten von Malachit sowie das tiegellose Umschmelzen von Kupfer im vorkeramischen Neolithikum mit Hilfe der Pellet-Technologie stattgefunden haben. A. Hauptmann (HAUPTMANN U. A. 1993, 541-572) erwähnt in einer Untersuchung zur Technologie der frühesten Kupferverhüttung die Pellet-Technologie nicht. Unsere Aussagen beruhen allein auf archäometallurgischen Experimenten. Bei unseren Experimenten hat sich gezeigt, dass die Pellets nach der Verhüttung keine dauerhaften Spuren hinterlassen, sondern schnell zu einer undefinierbaren, formlosen Masse verwittern. Da außerdem bei der Pellet-Verhüttung keine kupferhaltigen Schlacken entstehen (s. Abb. 5), ist das Fehlen von archäologischen Befunden nicht verwunderlich.

Die Voraussetzungen für die Pellet-Technologie waren im vorkeramischen Neolithikum zweifellos überall vorhanden. An jeder Feuerstelle gab es Lehm, Holzkohle und Wasser. Fanden die Menschen den

auffällig grünen Malachit, so lag es auf der Hand, dass sie das Verhalten dieses merkwürdigen Steines im Feuer untersucht haben, auch mit einer Ummantelung aus Lehm und Holzkohle, einem Pellet. Es ist vorstellbar, dass das allseitig geschlossene Pellet weiterentwickelt wurde zu einem nach oben teilweise geöffneten Schmelzgefäß, dass für den einmaligen Abguss einer kleinen Schmelzmenge geeignet war. Diesen Entwicklungsschritt auf dem Wege zum feuerfesten, metallurgischen Schmelztiegel wollen wir durch weitere archäometallurgische Experimente nachvollziehen.

Danksagung

Unsere Untersuchungen wurden mit freundlicher Unterstützung der ZOLLERN GmbH & Co. KG Sigmaringendorf durchgeführt. Wir danken den Kollegen des ZOLLERN-Zentrallabors für ihre engagierte Mitarbeit. Unser besonderer Dank gilt den Gesellschaftern von ZOLLERN, S. H. Karl Friedrich Fürst von Hohenzollern und Herrn Ludwig Merkle. Ebenso gilt unser Dank dem Geschäftsführer von ZOLLERN, Herrn Dr. Klaus F. Erkes.

Literatur

ANFINSET, N. 2011: Mining and Smelting of Copper in Okahrbot, Western Nepal. In: N. Anfinset, Social and Technological Aspects of Mining, Smelting and Casting Copper. Bochum 2011, 34-61.

CRADDOCK, P., MEEKS, N., TIMBERLAKE, S. 2007: On the edge of success: the scientific examination of the products of the Early Mines Research Group smelting experiments. In: S. La Niece, D. Hook, P. Craddock (Eds.), Metals and Mines: Studies in Archaeometallurgy. London 2007, 37-45.

ENSIN, U. 1999: Copper objects from the Pre-Pottery Neolithic site of Aşikli. Der Anschnitt, Beiheft 9, 1999, 23-30.

HAUPTMANN, A., u. A. 1993: Zur Technologie der frühesten Kupferverhüttung im östlichen Mittelmeerraum. In: M. Frangipane u. a. (Eds.), *Between the Rivers and Over the Mountains. Archaeologica Anatolica et Mesopotamia. Alba Palmieri Dedicata*. Rome 1993, 541-572.

MADDIN, R., MUHLY, J., STECH, T. 1999: Early metalworking at Çayönü. *Der Anschnitt, Beiheft 9*, 1999, 39-46.

MADDIN, R., STECH, T., MUHLY, J. D. 1980: Distinguishing Artefacts Made of Native Copper. *Journal of Archaeological Science* 1980, 211-225.

ÖZDOĞAN, M., ÖZDOĞAN, A. 1999: Archaeological evidence of the early metallurgy at Çayönü Tepesi. *Der Anschnitt, Beiheft 9*, 1999, 13-23.

TIMBERLAKE, S. 2007: The use of experimental archaeology/archaeometallurgy for the understanding and reconstruction of Early Bronze Age mining and smelting technologies. In: S. La Niece, D. Hook, P. Craddock (Eds.), *Metals and Mines: Studies in Archaeometallurgy*. London 2007, 27-36.

YALÇIN, Ü. 2000: Frühchalkolithische Metallfunde von Mersin-Yumuktepe: Beginn der extraktiven Metallurgie? *TÜBA-AR III*, 2000, 110-128.

YALÇIN, Ü., MAASS, A. 2013: Prähistorische Kupfergewinnung in Derekutugun, Anatolien. *Der Anschnitt, Beiheft 25*, 2013, 1-5.

YALÇIN, Ü., PERNICKA, E. 1999: Frühneolithische Metallurgie von Aşikli Höyük. *Der Anschnitt, Beiheft 9*, 1999, 45-54.

Autoren

Dr.-Ing. Ralf Laschimke
Schloßhalde 1
72479 Straßberg
Deutschland
laschimke@t-online.de

Dipl.-Chem. Maria Burger
ZOLLERN GmbH & Co.KG
Hitzkofenstr. 1
72517 Sigmaringendorf
Deutschland
maria.burger@zollern.com

Abbildungsnachweis

Abb. 1-10, 13-14: Burger, Laschimke

Abb. 11 und Abb. 12: von den Autoren bearbeitet nach Vorlagen von U. Yalçin.

Absicht oder Zufall?

Untersuchungen zu verbrannten Axtfragmenten der neolithischen Siedlung Gachnang/Niederwil-Egelsee

Jonas Nyffeler

Summary – Intentional or accidental? Fire impact on perforated stone axes from Niederwil. Several fragments of perforated stone axe blades made of serpentinite from the neolithic bog settlement Gachnang/Niederwil-Egelsee, (canton Thurgau, Switzerland; 3660-3585 BC) show impact of extreme heat. Not one of the semifinished products or blades of felling axes from this site shows similar traces. There is also no evidence for a major intrasite fire event causing this impact on the blades. For these reasons, it was assumed that these axes were burnt and destroyed in the fire intentionally in a ritual act. The presented project wanted to falsify or verify this interpretation by an experimental approach. In series of tests serpentinite samples were heated in charcoal under different conditions. The aim was to reproduce the heat traces on the perforated stone axes. Optically comparing the samples heated in the experiment with the original fragments gave evidence about the heating conditions of the prehistoric finds. The traces of the original finds could only be reproduced under conditions which require human manipulation of the heat source. This is a strong lead that the perforated axes were destroyed intentionally. Mineralogical analyses of the stone axes and the test samples support the results.

Einleitung

In einem ehemaligen Torfmoor westlich von Frauenfeld (Kt. Thurgau, Schweiz) liegt die neolithische Moorbodensiedlung Gachnang/Niederwil-Egelsee (3660-3585 v. Chr.). Bereits im 19. Jahrhundert entdeckt, war sie Gegenstand früher Ausgrabungen. Nach fast 80-jähriger Forschungspause wurde 1962-63 etwa ein Drittel der Siedlung neu untersucht (HASENFRATZ 2006, 23f.). Aufgrund hervorragender Erhaltungsbedingungen ist die Fundstelle ein wichtiger Referenzkomplex für die Pfynner Kultur. Seit einigen Jahren

zählt sie zudem im Rahmen der Kandidatur „Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen“ zum UNESCO-Weltkulturerbe. Unter dem umfangreichen Fundmaterial finden sich auch Bruchstücke von elf Knaufhammeräxten. Diese sind Gegenstand des vorliegenden Artikels. Die Fragmente wurden über große Teile der Grabungsfläche und verschiedenste Konstruktionshorizonte verteilt aufgefunden. Zu ihrer Verteilung innerhalb der Siedlung ließen sich keine Auffälligkeiten erkennen (WATERBOLK, PRAAMSTRA 1978, 152f.; SWART-POELMAN, HASENFRATZ 2006, 121). Alle Äxte sind aus Serpentin, einem

metamorphen Grüngestein, hergestellt. Auffällig sind starke Brandspuren, die sich an acht Äxten beobachten lassen. Im Vergleich dazu weisen von über hundert Steinbeilklingen aus dem Fundmaterial von Niederwil lediglich zwei leichte Einwirkung von Hitze auf. An Axthalbfabrikanten sind ebenfalls keine Brandspuren erkennbar. Die Axtfragmente lassen sich auch nicht mit Brandereignissen innerhalb der Siedlung in Verbindung bringen. SWART-POELMAN und HASENFRATZ (2006, 116ff.) vermuten daher, dass fragmentierte Knaufhammeräxte im Rahmen eines Rituals absichtlich dem Feuer ausgesetzt wurden. LEUZINGER (2007, 182) geht einen Schritt weiter und zieht eine absichtliche Zerstörung der Äxte durch Zerbrechen oder Erhitzen im Feuer in Betracht. Im hier vorgestellten Projekt soll die Hypothese, dass die Steinäxte absichtlich zerstört wurden, auf experimentellem Weg nachvollzogen werden. Hierzu werden Versuchsstücke aus Serpentinit unter verschiedenen, kontrollierten Bedingun-

gen in Holzkohle erhitzt. Ziel dabei ist, den Hitzespuren der Niederwiler Axtfragmente gleichende Spurenbilder zu erzeugen. Optische Vergleiche der Versuchsstücke mit den Originalfunden sollen genauere Aussagen zu den Bedingungen ermöglichen, unter denen die Knaufhammeräxte erhitzt wurden. Stellt sich heraus, dass die Brandspuren der Axtfragmente nur unter komplexen Bedingungen entstehen konnten, die menschliches Eingreifen voraussetzten, so ist dies ein starkes Indiz für eine absichtliche Zerstörung der Äxte.

Das Fundmaterial

Mit Ausnahme der einzigen vollständig erhaltenen Axt A-331 stammen alle Fragmente aus den modernen Grabungen der 1960er Jahre. Der Altfund des 19. Jahrhunderts wurde zusammengeklebt und stark restauriert. Auf wichtige Fragen des Projekts kann dieses Fundstück deshalb leider keine Antworten mehr liefern.



Abb. 1: Unterschiedlich stark hitzeversehrte Axtfragmente aus Gachnang/Niederwil-Egelsee (von links oben nach rechts unten: Kat. 838, 806, 695a, 447). – Stone axe fragments from the settlement Gachnang/Niederwil-Egelsee showing a range of different traces caused by extreme heat (from top left to bottom right: cat. no. 838, 806, 695a, 447).

Die Axtfragmente zeigen unterschiedlich starke Spuren von Hitzeeinwirkung. Diese reichen von fleckigen, schwarz bis hellbraunen Verfärbungen der Oberfläche bis zur kompletten Zerstörung des Gesteins (Abb. 1). Stark hitzeversehrte Stücke erinnern in ihrer Struktur und Färbung mehr an Hüttenlehm denn an Stein. Ihre Oberflächen sind rissig und porös. Zudem weisen sie eine geringere Dichte auf als unverbrannter Serpentin. In mehreren Fällen können unterschiedlich starke Brandspuren an demselben Objekt nachgewiesen werden, was auf sehr lokale Temperaturunterschiede während der Erhitzung hinweist. Ein Extrembeispiel dafür ist das Axtfragment 806 (Abb. 1, oben rechts; Abb. 10), welches auf der einen Seite rissig und porös, auf der anderen Seite jedoch nur leicht verfärbt ist. Dass die genannten Spuren lediglich auf die Bodeneinlagerung zu-

rückzuführen sind, kann ausgeschlossen werden. Das Fundmaterial lagerte permanent unter Sauerstoffabschluss im dauerfeuchten Boden. Unversehrte Fun-



■ 1 cm

Abb. 2: Detailaufnahme von Kat. 695a mit mehreren Schlagspuren nahe der Bruchstelle. – Detailed image of cat. no. 695a showing chopping marks next to the fracture.



Abb. 3: Vollständig erhaltene Axt A-331. Der Bruch verläuft durch das Schaftloch der Axt, ungefähr in der Bildmitte. – Completely preserved axe cat. no. A-331. The fracture runs through the perforation of the axe.

de aus Serpentin zeigen keinerlei Spuren von Verwitterung.

Weitere Beobachtungen geben bereits Hinweise zur „Behandlung“ der Niederwiler Knaufhammeräxte. So konnten an drei Fundstücken erstaunlicherweise Schlagspuren nachgewiesen werden, die von einem scharfen Gegenstand stammen müssen und wohl auch zum Bruch der Objekte geführt haben (Abb. 2). Dass die Äxte nicht erst in fragmentiertem Zustand, sondern noch intakt dem Feuer ausgesetzt wurden, zeigt das einzige komplett erhaltene Stück A-331. Die durch die Erhitzung erzeugte Verfärbung verläuft auf der einen Seite über die antike Bruchstelle hinaus (Abb. 3). Dass auch Bruchstücke (weiterhin) erhitzt wurden, bezeugen die verbrannten Bruchflächen diverser Axtfragmente.

Das Experiment

Wie bereits erwähnt, sollten eigene Brennversuche an Serpentin Rückschlüsse auf die Erhitzungsbedingungen der Niederwiler Äxte ermöglichen. In einer umfassenden Versuchsreihe wurde daher versucht, den Einfluss verschiedener beeinflussbarer Faktoren wie beispielsweise der Temperatur auf das Spurenbild der erhitzten Steinproben zu ermitteln. Als Proben dienten Serpentinstücke von drei bis vier Zentimetern Seitenlänge. Sie wurden alle mit einer Trennscheibe aus demselben Steinblock gesägt und ihre Oberflächen den Originalen entsprechend mit einem Schleifstein geschliffen.

Vorausgehende Tests konnten bereits den Einfluss von Sauerstoff während des Brennprozesses aufzeigen. Komplett reduzierende Bedingungen wurden bei einem Grubenbrand für Keramik simuliert. Dabei färbte sich der Serpentin oberflächlich komplett schwarz, war aber ansonsten unversehrt. Ein Erhitzen der Niederwiler Knaufhammeräxte in einem Grubenbrand kann durch das abweichende

Spurenbild daher ausgeschlossen werden. Eine weitere Probe wurde in einem modernen Töpferofen unter oxidierenden Bedingungen auf 1000°C erhitzt. Dabei verfärbte sich der Stein durchgehend ziegelrot. Diese Verfärbungen sind auf den Eisenanteil im Serpentin zurückzuführen, der bei ausreichender Erhitzung mit dem Sauerstoff reagiert.

Versuchsaufbau

Insgesamt wurden 16 Serpentinstücke unter verschiedenen Bedingungen erhitzt. Ziel war, den Einfluss von Temperatur, Erhitzungsdauer, Sauerstoffzufuhr und Abschrecken des Serpentin in kaltem Wasser auf das Spurenbild der Steinproben fassen zu können. Für die genannten Faktoren wurden folgende Werte festgelegt:

- Temperatur: Die Versuche wurden auf drei unterschiedlichen Temperaturstufen durchgeführt. Ein einfaches Herdfeuer erreicht im Bereich des brennenden Holzes ca. 500-600°C, weshalb 500°C als unterster Wert für die Versuche gewählt wurde. Als höchste Temperatur wurden 1100°C festgelegt. In Niederwil ist Kupfermetallurgie durch mehrere Schmelztiegel nachgewiesen (FASNACHT 2006, 137ff.). Das Wissen sowie die Einrichtung, um solche Temperaturen zu erzeugen, waren demnach in der Siedlung vorhanden. Als dritter Wert wurde mit 800°C das Mittel der beiden Temperaturen gewählt. Während des gesamten Brennvorgangs wurde die Temperatur mit einem Kontaktthermometer von FLUKE überprüft und durch Sauerstoffzufuhr reguliert.

- Zeit: Für die Versuchsreihe wurden unterschiedliche Zeitspannen von 3, 10 und 30 Minuten definiert.

- Temperaturschock: Fast alle Proben wurden nach dem Erhitzen langsam an



Abb. 4: Die Ofenkonstruktion. Zu sehen ist ein oxidierender Brennversuch, die Steinprobe ist nicht mit Holzkohle überdeckt. Der Hotspot zeichnet sich durch die rot glühende Holzkohle ab. – A stone sample being heated in the furnace under oxidizing conditions. The top side of the sample is not covered with charcoal. The glowing charcoal marks the hot spot.

der Luft ausgekühlt. Mehrmaliges Abschrecken der Versuchsstücke in kaltem Wasser wurde an zwei Proben getestet. Da das Spurenbild dieser Proben keine zusätzliche Veränderung zeigte, wurden diese Versuche nicht weiter fortgeführt.

- Sauerstoff: Unterschieden wurde zwischen dem Vorhandensein oder Fehlen von Sauerstoff im direkten Umfeld der Probe. Für oxidierende Bedingungen wurde die Probe lediglich in Holzkohle eingebettet, die freie Oberseite wurde der frischen Luft der Düse ausgesetzt (Abb. 4). Für eine reduzierende Atmosphäre wurden die Proben komplett mit glühender Holzkohle überdeckt.

Bei jedem Brennversuch wurde im Vergleich zum vorangehenden lediglich ein Faktor angepasst. Beobachtete Unterschiede konnten so eindeutig auf den Ein-

fluss dieses einen Faktors zurückgeführt werden. Vor und nach seiner Erhitzung wurde jedes Versuchsstück gewogen, um mögliche Gewichtsverluste zu erfassen. Das anschließende Auftrennen der Probe mit einer Diamantfräse ermöglichte, neben den Oberflächen auch den Querschnitt untersuchen zu können. Die Versuchsreihen wurden protokolliert, die Ergebnisse dokumentiert und mit den Originalen verglichen.

Konstruktion des Ofens

Die Versuchsreihe wurde mit den technischen Möglichkeiten durchgeführt, die bereits den Siedlern aus Niederwil bekannt waren. Als Ofen diente eine kleine mit Lehm ausgekleidete Grube (Abb. 4). Mit Blasebälgen wurde die Grube über eine Düse mit zusätzlichem Sauerstoff versorgt. Nur so konnten Temperaturen bis



Abb. 5: Reduzierend, zehn Minuten, 800°C im Vergleich mit dem Original Kat. 669. – Reducing, ten minutes, 800°C compared to the original find cat. nr. 669.

1100°C erreicht werden. Gusstiegel aus Niederwil zeigen, dass den Bewohnern der Siedlung ein ähnliches Prinzip mit Belüftung von oben bekannt war. Mit diesem System kann nur ein kleiner Teil der Grube auf die gewünschte Temperatur erhitzt werden (Hotspot). Verschiedene Bereiche der Proben sind damit auch leicht variierenden Bedingungen ausgesetzt. Leichte Temperaturschwankungen entstanden durch die Stückelung des Brennmaterials. Als Brennstoff wurde Holzkohle verwendet. Die Versuche mit Temperaturen von 500°C unter oxidierenden Bedingungen fanden in einem offenen Feuer statt.

Ergebnisse

Die meisten Versuchsstücke sind erwartungsgemäß nicht gleichmäßig hitzeversehrt. Beschrieben werden jeweils die Bereiche der Proben, die am stärksten von der Hitze verändert wurden. Bei unter oxidierenden Bedingungen erhitzten Stücken waren dies die Seitenflächen. Die frei liegende Oberseite erreichte durch die kühle Luft der Düse lediglich Temperaturen zwischen 450 und 600°C. Der Effekt dieser künstlichen Kühlung ist auch im Spüren-



Abb. 6: Reduzierend, drei Minuten, 1100°C. – Reducing, three minutes, 1100°C.

bild bis in den Kern der auf 1100°C erhitzten Proben erkennbar (Abb. 7).

Reduzierend erhitzte Proben sind an der Oberseite am stärksten hitzeversehrt. Braune Verfärbungen bei den Versuchen ab 800°C zeigen, dass trotz der Abdeckung mit Holzkohle geringe Sauerstoffanteile mit den Steinproben reagiert haben. Komplett reduzierende Bedingungen konnten ab dieser Temperatur folglich nicht erreicht werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse nach den unterschiedlichen Temperaturstufen aufgeschlüsselt besprochen.

Bei keiner der auf 500°C erhitzten Proben



1 cm

Abb. 7: Oxidierend, 30 Minuten, 1100°C. Aufsicht, Seitenansicht und Querschnitt. Die Aufsichtsseite wurde durch die Luftzufuhr gekühlt. Der Serpentin hat sich an dieser Stelle (dunkel) bis in den Kern kaum verändert. – Oxidizing, 30 minutes, 1100°C. Top view, side view and cross section. The top view was cooled down by the air supply during the heating process. At this section (dark colour), the serpentine did not alter.

konnten von Auge Risse beobachtet werden. Lediglich das während 30 Minuten oxidierend verbrannte Versuchsstück weist fleckige, braune Verfärbungen auf. Eine Probe wurde bei einem Langzeitversuch in einem Zimmerofen in 15 Heizdurchgängen jeweils mehrere Stunden erhitzt. Dabei bildeten sich regelmäßige, braune bis schwarze Verfärbungen. Risse konnten jedoch auch bei diesem Stück keine beobachtet werden. Genaue Messungen zur Temperatur waren nicht möglich.

Ein differenzierteres Bild zeigen die Versuche bei 800°C. Hier lässt sich der Einfluss des Faktors Zeit besonders gut erkennen. Die während drei Minuten erhitzte Probe zeigt lediglich feine, fleckige Verfärbungen entlang der Kanten und ist ansonsten unversehrt. Die in dieser kurzen Zeit zugeführte Energie reichte wohl nicht aus, um distinktere Hitzespuren zu erzeugen.

Brennversuche während zehn Minuten weisen regelmäßige, braune Verfärbungen auf (Abb. 5). Auch im Querschnitt sind erstmals Verfärbungen erkennbar. Die Übergänge zu den unversehrten Bereichen der Proben sind im Kern wie auch an den Oberflächen diffus. Feine Risse treten an oxidierend verbrannten Proben

häufiger auf und werden wohl durch die Reaktion mit Sauerstoff gefördert.

Dasselbe Spurenbild zeigt auch die unter oxidierenden Bedingungen 30 Minuten lang erhitzte Probe. Weiterführende Reaktionen wurden durch die kühlende Luft aus der Düse (siehe Versuchsaufbau) unterbunden. Im Kontrast dazu ist die reduzierend verbrannte Probe oberflächlich wie auch im Inneren durchgehend verfärbt. Auffällig ist zudem ein Gewichtsverlust von 12%.

Erwartungsgemäß ließen sich bei auf 1100°C erhitzten Proben die stärksten Brandspuren feststellen. Bereits während drei Minuten bildete sich unter reduzierenden Bedingungen eine regelmäßige braune Verfärbung, welche klar vom unversehrten Bereich der Probe abgegrenzt ist (Abb. 6). Dieses Spurenbild konnte nur bei Versuchen dieser Temperaturstufe erzielt werden. Bei 800°C nimmt die Ausbildung einer regelmäßigen Verfärbung mehr Zeit in Anspruch. Der damit verbundene, höhere Brennstoffverbrauch hat zur Folge, dass sich der Hotspot des Ofens während des Brennversuchs leicht verschiebt. Dadurch entsteht zwischen dem braun verfärbten und dem unversehrten Probenbereich lediglich eine diffuse Grenze (Abb. 8, links).

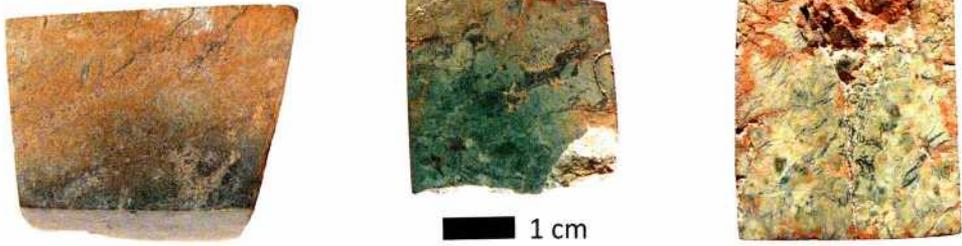


Abb. 8: Reduzierend, zehn Minuten, 800°C. Seitenansicht und Querschnitt (links und Mitte). Reduzierend, 30 Minuten, 800°C (rechts). – Reducing, ten minutes, 800°C. Side view and cross section (left and middle sample). Reducing, 30 minutes, 800°C (right sample).



Abb. 9: Stark hitzeversehrte Fragmente Kat. 447 und 611a. – Stone axe fragments showing impact of extreme heat (cat. no. 447 and 611a).

Bei zehn Minuten Brenndauer lassen sich zusätzlich große Risse feststellen. Die Oberflächen weisen den für geschliffenen Serpentin typischen, speckigen Glanz nicht mehr auf, sondern sind leicht rau. Die Unterseite sowie das Innere der Probe färbten sich unter reduzierenden Bedingungen hellgrau.

Während 30 Minuten verbrannte Proben zeigen ein noch intensiveres Bild (Abb. 7, Abb. 8, rechts). Die Dichte an Rissen ist erheblich höher. Beide Proben haben beim Brennprozess mehr als ein Zehntel ihres Gewichts eingebüßt. Die Oberflächen sind sehr spröde, die oxidierend verbrannte Probe erinnert stark an Hüttenlehm. Die während zehn bzw. 30 Minuten oxidierend erhitzten Versuchsstücke zeigen auf der Oberfläche und im Quer-

schnitt neben stark verbranntem Serpentin auch einen unversehrten Bereich. Diese unterschiedlichen Erhaltungsgrade und die klare Grenze dazwischen können sich nur bilden, wenn die Probe während des Brennvorgangs von einer Seite her künstlich gekühlt wird (Abb. 7). Im Experiment wurde dieser unerwartete Effekt durch die zusätzliche Luftzufuhr hervorgerufen, welche für das Erreichen und Halten von 1100°C zwingend notwendig war. Ohne Kühlung entstehen verschiedene Färbungen mit fließendem Übergang. Bei ausreichend langer Erhitzung wird die Probe gleichmäßig hitzeversehrt (Abb. 8).



Abb. 10: Verschiedene Brandspuren von Kat. 806. In der Bruchfläche der Axt (unten) ist eine Grenze zwischen dem gut erhaltenen (dunkel) und dem stark hitzeversehrten, hell gefärbten Bereich zu erkennen. – Different traces caused by fire on cat. no. 806. The bottom view shows the surface of fracture of the axe. The hardly damaged part of the sample (dark colour) is delimited by traces of extreme heat (light brown colour).

Vergleich mit den Originalfunden

Mit den durch die Versuchsreihe gewonnenen Erkenntnissen und dem Vergleich mit den experimentell verbrannten Serpentinproben können nun die Erhitzungsbedingungen der originalen Äxte grob rekonstruiert werden. Die Versuche haben gezeigt, dass das Erhitzen des Serpentinits auf 500°C nicht ausreicht, um

die an den Originalen beobachteten Verfärbungen zu erzielen. Auch bilden sich bei dieser Temperatur keine Risse. Ein einfaches Herdfeuer lässt sich damit als Ursache der Brandspuren ausschließen.

Auf 800°C erhitzte Proben zeigen bereits ab zehn Minuten Erhitzungsdauer Übereinstimmungen mit den Niederwiler Äxten (Abb. 5). Im Experiment erzeugte regelmäßige Verfärbungen und feine Risse können auch an mehreren Originalen beobachtet werden.

Die Hälfte der verbrannten Axtfragmente zeigen starke Parallelen mit auf 1100°C erhitzten Versuchsstücken. Stark rissige, tonig scheinende Oberflächen müssen unter lange andauernder, extremer Hitze entstanden sein (Abb. 9-10). Am Original 838 ist eine klare Abgrenzung vom verfärbten zum unversehrten Bereich zu sehen (Abb. 1). Weitere Brandspuren wie Risse fehlen. Im Vergleich mit den Versuchsstücken (Abb. 6) lässt das Spurenbild darauf schließen, dass diese Axt relativ kurz, dafür sehr heiß erhitzt wurde. Die extrem unterschiedlich ausgeprägten Brandspuren am Original 806 entstanden durch die künstliche Kühlung der einen Objektseite während der Erhitzung (Abb. 10). Wie auch im Experiment wird dieser Effekt auf die zusätzliche Luftzufuhr zurückzuführen sein. Eine andere Möglichkeit, wie die eine Axtseite während des Heizvorgangs permanent um mehrere hundert Grad hätte gekühlt werden können, ist nicht vorstellbar.

Mehrere Versuchsstücke und ein Original wurden mittels Röntgendiffraktometrie (XRD) auf ihre Mineralogie hin untersucht. Eine detaillierte Auswertung der Ergebnisse fand noch nicht statt. Die erste Durchsicht der Messungen zeigt jedoch, dass sich die Mineralogie des Serpentinits durch Zunahme der Erhitzungstemperatur verändert. Beim Axtfragment 806 konnte ein Mineral nachgewiesen werden, welches nur bei auf 1100°C erhitzten Proben gemessen wurde. Die

Messergebnisse bestätigen damit die oben vorgestellten, durch optische Vergleiche erarbeiteten Erkenntnisse.

Fazit

Mit den Erkenntnissen aus den eigenen Brennversuchen war es möglich, die Erhitzungsbedingungen verschiedener Niederwiler Knaufhammeräxte grob zu rekonstruieren. Verschiedene Spurenbilder konnten nur entstehen, indem der Mensch aktiv in den Verbrennungsprozess eingegriffen hat. Zum einen ist die hohe Temperatur zu nennen, die lediglich unter zusätzlicher Sauerstoffzufuhr entstehen kann. Ein Hausbrand mag ähnliche Temperaturen erreichen. Die Axtfragmente aus Niederwil können jedoch keinem solchen Ereignis in der Siedlung zugewiesen werden. Zweites wichtiges Spurenbild sind die unterschiedlich stark ausgeprägten Brandspuren am selben Objekt, welche ebenfalls ein wichtiger Hinweis auf eine künstliche Luftzufuhr während der Erhitzung sind. Mit dem Faktor Zeit konnte aufgezeigt werden, dass die Äxte über längere Zeit und bewusst diesen zerstörerischen Bedingungen ausgesetzt wurden. Dass die Brandspuren von einer sekundären Verwendung der Axtfragmente als Hitzesteine stammen, kann ausgeschlossen werden. Die Versuchsreihe zeigte, dass der Serpentin bei einer Erhitzung auf 800°C seine hervorragenden wärmespeichernden Eigenschaften verliert. Die gezielte Auswahl der Axtfragmente aus dem gesamten Siedlungsmaterial, welche diese Brandspuren zeigen, spricht ebenfalls gegen diese These.

Die neu gewonnenen Erkenntnisse führen zusammen mit den am Anfang des Artikels genannten Argumenten zum eindeutigen Schluss, dass die Niederwiler Knaufhammeräxte absichtlich zerstört worden sind. Die Fragmentierung ist nicht nur auf die Hitze zurückzuführen. Kein

einziges Versuchsstück ist durch den Temperaturschock beim Erhitzen im Ofen oder beim Abschrecken in kaltem Wasser auseinander gebrochen. Schlagnarben an drei Originalen zeigen, dass wohl die meisten Äxte gezielt mit einem scharfen Gegenstand zerteilt wurden. Durch das Verbrennen im Feuer wurde der Serpentin teilweise so stark zerstört, dass das ursprüngliche Material und die Form der Äxte kaum mehr erkennbar sind. Dadurch wurden die Äxte nicht nur unbrauchbar gemacht, sondern regelrecht vernichtet und jeglicher damit verbundene Symbolgehalt ausgelöscht. Dass sich hinter der aufwändigen Zerstörung dieser Gegenstände rituelle Handlungen verbergen, ist kaum von der Hand zu weisen. Die Hintergründe und Motivation dieser Vorgänge bleiben jedoch (vorerst) im Dunkeln.

Ausblick

Das Projekt ist noch nicht vollständig abgeschlossen. Weitere Brennversuche und die Auswertung der mineralogischen Analysen sind geplant. Zudem wird versucht, mit neolithischem Werkzeuginventar die verschiedenen Schlagspuren an den Äxten zu reproduzieren, um Hinweise auf den dazu verwendeten Gegenstand zu erhalten.

Dank

Die Durchführung dieses Experiments wäre nicht möglich ohne die Unterstützung verschiedener Institutionen, die mich mit Fundmaterial, Objektfotos, Analysen, Infrastruktur und aktiver Mithilfe unterstützen. Es sind dies das Amt für Archäologie Thurgau, das Naturhistorische Museum Bern, das Museum für Urgeschichte(n) Zug und ExperimentA (Verein für Experimentelle Archäologie). Besonderer Dank gebührt dem Museum Zug, welches das Projekt im Rahmen der

Sonderausstellung „Einfach tun“ präsentierte und laufend mit neuen Ergebnissen aktualisierte.

Autor
Jonas Nyffeler
Alte Römerstrasse 34
8404 Winterthur
Schweiz

Literatur

FASNACHT, W. 2006: Die Tiegel von Niederwil. In: A. Hasenfratz, D. C. M. Raemaekers (Hrsg.), Niederwil, eine Siedlung der Pfyner Kultur. Band V: Anorganische Funde, Palynologie und Synthese. Archäologie im Thurgau 13. Frauenfeld 2006, 137-148.

HASENFRATZ, A. 2006: Rekapitulation der bereits vorgelegten Ergebnisse. In: A. Hasenfratz, D. C. M. Raemaekers (Hrsg.), Niederwil, eine Siedlung der Pfyner Kultur. Band V: Anorganische Funde, Palynologie und Synthese. Archäologie im Thurgau 13. Frauenfeld 2006, 23-70.

LEUZINGER, U. 2007: Pfyner-Breitenloo. Die jungsteinzeitliche Pfahlbausiedlung. Archäologie im Thurgau 14. Frauenfeld 2007.

SWART-POELMAN, J. M., HASENFRATZ, A. 2006: Lochhäxte. In: A. Hasenfratz, D. C. M. Raemaekers (Hrsg.), Niederwil, eine Siedlung der Pfyner Kultur. Band V: Anorganische Funde, Palynologie und Synthese. Archäologie im Thurgau 13. Frauenfeld 2006, 116-124.

WATERBOLK, H. T., PRAAMSTRA, H. 1978: Niederwil: Funde, Fundumstände und Fundverteilung. In: H. T. Waterbolk, W. v. Zeist (Hrsg.), Niederwil, eine Siedlung der Pfyner Kultur. Band I: Die Grabungen. Academica Helvetica 1. Bern, Stuttgart 1978, 147-187.

Abbildungsnachweis

Abb. 1, 2, 5, 9, 10: J. Nyffeler (Grundlage: AATG, D. Steiner, www.archaeologie.tg.ch).

Abb. 3: Schweizerisches Nationalmuseum, DIG-9283.

Abb. 4, 6, 7, 8: J. Nyffeler

Vom Wegesrand in den Kochtopf! Ein kulinarischer Versuch mit den Unkräutern Weißer Gänsefuß und Knoblauchsrauke

Sandra Umgeher-Mayer

Summary – From the side of the road into the pot! – A culinary experiment with lambsquarters and garlic mustard weeds. Knowledge of the prehistoric diet can provide information about the way of life of prehistoric humans. This has found answers to questions such as stockpiling, food preparation, social organization or cooking methods. Only the flavor or seasoning of a dish can be reconstructed with difficulty. Due to the fact that archaeobotanical material of lambsquarters and phytoliths of garlic mustard on the inside of pottery was discovered at find-spots in Austria, Germany, Switzerland and Denmark, it can be assumed that human beings of the Neolithic period seasoned their food in order to improve the taste. The preparation of a stew with lambsquarters and garlic mustard was a culinary experiment to find out how the food changed in taste by adding these "weeds".

Prähistorische Ernährung

Das Thema Ernährung nimmt in der Archäologie eine wichtige Rolle ein. Das Wissensgebiet der prähistorischen Ernährung ist allerdings keine separate Disziplin innerhalb der Archäologie. Die Kenntnis über die Zusammensetzung von neolithischen Speisen erhält man durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit der Archäobotanik, Archäozoologie sowie durch die Analyse von Koprolithen (Koprolith: Gebilde aus verhärtetem Kot und Mineral-salzen, BINDER ET AL. 1996, 210), Funde von Essensresten, Grabbeigaben und Mageninhalten, aber auch durch Abdrücke auf Gefäßen, bildliche Darstellungen oder schriftliche Quellen.

Die Nahrungszubereitung und Nahrungsaufnahme hatte für den prähistorischen

Menschen nicht nur eine überaus große überlebensnotwendige und auch ökonomische Bedeutung, sondern war auch eine wichtige Komponente für das soziale Beisammensein.

Durch das Wissen über die Nahrungszusammensetzung, Zubereitung oder Verarbeitung von Speisen sowie die Auffindung von Gerätschaften beziehungsweise Küchenutensilien in bestimmter Fundlage findet man vielleicht auch Antworten auf weitere soziale Fragen, hinsichtlich geschlechtsspezifischer Rollen (Welche Personen waren für diesen Arbeitsbereich zuständig?) oder sozialer Organisationen (Arbeitsteilung), aber möglicherweise auch Antworten zu einzelnen Punkten der Subsistenzwirtschaft wie Herstellung der Nahrungsmittel, Konservierung, Vorratshaltung und Zubereitungsarten.

Nur geschmackliche Eigenschaften einer Speise wie die Würze oder bestimmte Essgewohnheiten lassen sich nur teilweise rekonstruieren.

Spuren von Unkräutern/Wildkräutern findet man immer wieder in neolithischen Siedlungen und auch in größeren Mengen, sodass man annehmen kann, dass diese auch intentionell dorthin gebracht wurden.

Betrachtet man die verschiedenen Nahrungsmittel, die zur Verfügung standen wie Fleisch, Fisch, Getreide und eine Vielzahl an verschiedenen Wildpflanzen, dann zeigt dies eine gewisse Bandbreite an kulinarischen Möglichkeiten für die neolithischen Menschen (LÜNING u. A. 2005, 131).

Der Weiße Gänsefuß in der Jungsteinzeit

So findet man auch vom Weißen Gänsefuß immer wieder Überreste in neolithischen Siedlungen. Zum Beispiel entdeckte man im archäobotanischen Fundmaterial der linearbandkeramischen Siedlung Mold, Niederösterreich, in der Grube 788 eine Anhäufung von Gänsefußüberresten, sodass dies auf Sammelgut hindeutet (KÖHLER-SCHNEIDER, CANEPPELE 2010, 219; 221-222). Auch für neolithische Siedlungen in Niedersachsen (BRINKMÖLLER 1990, 40), aber auch an verschiedenen Fundstellen der Schweiz (STÖCKLI, NIFFELER, GROß-KLEE 1995, 93), lassen sich Wildgemüse und Unkräuter wie Melde, Trespe, aber auch in größeren Mengen der Gänsefuß nachweisen, die sicherlich vom Menschen genutzt wurden.

Die Station Weyregg I am Attersee, Oberösterreich, und Köln-Lindenthal, Deutschland, sind als weitere jungsteinzeitliche Fundstellen zu nennen, in denen man Spuren vom Weißen Gänsefuß gefunden hat (SCHMIDT 1982, 159). Auch in der Pfahlbausiedlung Sipplingen am Bodensee, Deutschland, mit Siedlungsphasen zwischen 4000 und 800 v. Chr., findet

man im Probenmaterial verkohlte und unverkohlte Reste des Weißen Gänsefußes. Durch die geringe Belegzahl an diesem Fundplatz geht man jedoch nicht von einer Nutzung als Nahrungspflanze aus, wie sie sich in anderen Feuchtbodenfundstellen andeutet, sondern betrachtet sie als Unkraut oder beweidete Pflanze. Auch der ebenfalls in Sipplingen vorkommende Feigenblättrige Gänsefuß wird als Kulturpflanzenbegleiter interpretiert (RIEHL 2004, 9-128).

Der Weiße Gänsefuß

Der Weiße Gänsefuß (*Abb. 1*) ist hauptsächlich in Unkrautfluren auf Äckern, in Gärten, an Wegen und Schuttstellen zu finden (PHILLIPS 1984, 112). Die Pflanze ist heute nahezu weltweit verbreitet, vor allem in den gemäßigten bis subtropischen Zonen und spaltet sich in zahlreiche regionale Rassen auf. Die Ausdehnung des natürlichen Verbreitungsgebietes in Eurasien ist unklar. Der Weiße Gänsefuß kommt in Europa als Archäophyt (Archäophyt: Pflanzenarten, die vor 1492 durch direkten oder indirekten



Abb. 1: Frische Blätter des Weißen Gänsefußes. – Fresh lambsquarter leaves.

menschlichen Einfluss in ein neues Gebiet eingeführt wurden und sich dort selbstständig ohne fremde Hilfe etabliert haben, <http://de.wikipedia.org/wiki/Arch%C3%A4ophyt>) oder eventuell einheimische Art vor, nur im äußersten Norden (Island, Spitzbergen) ist er erst in neuerer Zeit eingeführt worden (http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fer_G%C3%A4nsefu%C3%9F).

Mitteleuropäische Archäophyten stammen fast alle aus dem mediterranen Raum und den angrenzenden Gebieten Westasiens, da sie mit dem Beginn des Ackerbaus und verstärkt seit der Römerzeit in Mitteleuropa eingeführt wurden. Zu den Einführungsweisen gehört die bewusste Einführung von Pflanzen entweder durch Saatgut oder durch Jungpflanzen, die ungewollte Ausbreitung von Pflanzen als Saatgutbegleiter oder die unbeabsichtigte Ausbreitung von Pflanzen durch den Menschen selbst (<http://de.wikipedia.org/wiki/Arch%C3%A4ophyt>).

Der Weiße Gänsefuß kommt auf fast allen Böden vor, bevorzugt stickstoffreiche, humose Lehm- und Sandböden und entzieht dem Boden besonders große Mengen an Nährstoffen.

Die Pflanze ist auch in der Gesellschaft mit Getreide, besonders Sommergetreide, Hackfrüchten, Mais und Raps anzutreffen (<http://www.agrarservice.de/unkrauter/weissergaensefuss.htm>).

Verwendung

Verwendet werden die Blätter, die Samen, die Knospen und die Wurzeln (<http://www.kraeuter-verzeichnis.de/kraeuter/weissergaensefuss.shtml>). Die jungen Blätter und frische Triebe sind ein sehr guter Ersatz für Spinat (PHILLIPS 1984, 112).

Obwohl es sich bei dem Weißen Gänsefuß um ein Unkraut handelt, findet die Pflanze aber auch anderwärtig Verwendung. Als Nahrungspflanze (Blätter und Sprossen werden wie Spinat gekocht. Die

Samen können als Mehl verarbeitet werden, sind jedoch nicht so gut verdaubar wie in gekochtem Zustand.), als Futterpflanze (für Schweine, Schafe und Vögel), als Heilpflanze (Die Blätter wirken entzündungshemmend, antirheumatisch sowie etwas abführend.) und aus den jungen Sprossen kann ein grüner Farbstoff gewonnen werden; die zerstoßenen frischen Wurzeln liefern einen milden Seifenersatz (http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fer_G%C3%A4nsefu%C3%9F). Im Mittelalter wurde der Weiße Gänsefuß zur Empfängnisverhütung verwendet, da er den weiblichen Zyklus hemmt (<http://www.kraeuter-verzeichnis.de/kraeuter/weissergaensefuss.shtml>).

Sucht man selbst nach dem Weißen Gänsefuß, so kann man die Blätter ab dem frühen Sommer bis in den frühen Herbst sammeln und trocknen. Die Samen erntet man im August (<http://www.kraeuter-verzeichnis.de/kraeuter/weissergaensefuss.shtml>).

Der Versuch – Eintopf mit Weißem Gänsefuß

Es wurden Zutaten (*Abb. 2*) verwendet, die durchaus auch im Neolithikum hätten verwendet worden sein können.

Zirka ein halber Liter Wasser wurde zum Kochen gebracht, dann eine Handvoll klein geschnittener Speck und eine klein geschnittene Karotte sowie geschnittener Sellerie hinzugefügt. Der Topfinhalt köchelte solange, bis alles weich war; danach wurde eine Handvoll Weißer Gänsefuß-Blätter beigefügt und ungefähr 10 Minuten weiter gekocht. Der Gänsefuß hat einen sehr milden Geschmack, teilweise ähnlich wie Spinat.

Um den Eintopf etwas einzudicken, wurde in einem Gefäß etwas Fett und handgemahlenes Mehl der Getreidesorte Emmer miteinander vermischt und hineingegossen. Danach wurde noch mit einer Prise Salz nachgewürzt (*Abb. 3*).

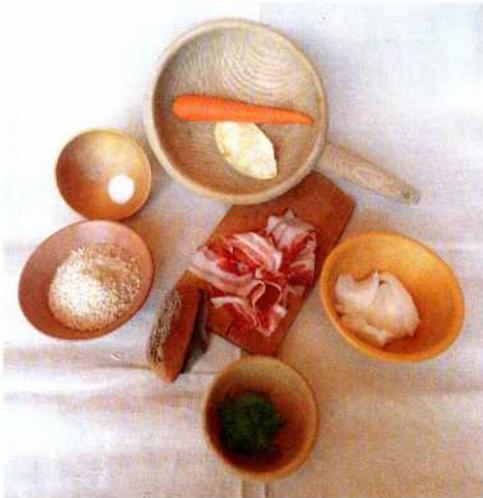


Abb. 2: Zutaten für den Eintopf: Karotte, Sellerie, Speck, Prise Salz, Fett, Weißer Gänsefuß, Mehl. – Ingredients for the stew: carrot, celery, bacon, pinch of salt, fat, lambsquarter, flour.



Abb. 3: Fertig zubereiteter Eintopf. – Dressed stew.

Da die Speise kaum gewürzt wurde, bis auf ganz wenig Salz und die Gänsefußblätter, hatte sie einen milden, aber doch angenehm aromatischen Geschmack. Aber gewiss darf man nicht von dem Geschmackempfinden für heutige Speisen auf jenes vergangener Zeiten schließen.

Die Knoblauchsrauke

Ein weiterer kulinarischer Bestandteil des neolithischen Eintopfes war die Knoblauchsrauke. Da die Pflanze keinen Nährwert besitzt, jedoch beim Zerreiben der Blätter nach Knoblauch riecht und auch so schmeckt, wurde diese vermutlich als Gewürz verwendet.

Die Pflanze kommt in Laubwäldern, bei Hecken, Gebüsch, an Zäunen, an Wegrändern, meist im Schatten oder Halbschatten, auf feuchten Standorten, aber auch in der Sonne vor. Die Knoblauchsrauke enthält die Stoffe Senfölglykoside, Enzyme, Carotinoide, Saponide, ätherische Öle, Provitamin A und Vitamin C sowie Mineralstoffe.

Verwendet werden kann die ganze Pflanze.

Sie wirkt auswurfördernd, atemungsfördernd, leicht antiseptisch und wirkt als Brechmittel.

Die Pflanze sollte nur frisch verwendet werden. Getrocknet verliert das Kraut sowohl Geschmack als auch Wirkung (<http://www.wildkraeuterkunde.de/knoblauchsrauke.html>).

Auch in prähistorischer Zeit machte man die Speisen mittels Gewürzen für die Geschmacksnerven attraktiver, diese Gewürze sind jedoch nur selten nachweisbar.

Ein internationales Team um die Bioarchäologin Hayley Saul von der University of York entdeckte an 26 verkohlten Ablagerungen an den Innenwänden von Töpfen aus Ausgrabungsstätten der spätmesolithischen Ertebølle-Kultur und der neolithischen Trichterbecherkultur in

Deutschland (Neustadt) und Dänemark (Åkonge, Stenø) Phytolithen (Phytolith: vorwiegend aus Pflanzenresten bestehendes, kalkiges, kieseliges und brennbares Gestein, entstanden durch die Tätigkeit von Pflanzen, <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/phytolith/51660>) der Knoblauchsrauke, zusammen mit Fleisch- und Fischresten. Durch Radiokarbonuntersuchungen kam man zu folgenden Datierungen:

Neustadt:

- Holzkohle, die in Verbindung mit den Gefäßen gebracht wurde:
5122±63bp, 6000-5700cal BP
- verkohlte Speisereste (Kruste):
5460±90bp, 6450-6000cal BP,
5350±80bp, 6300-5950cal BP

Stenø:

5250±40bp, 6200-5950cal BP

Åkonge:

5140±70bp, 6200-5700cal BP,
5155±40bp, 6000-5800cal BP,
5095±45bp, 5950-5750cal BP,
5140±40bp, 6000-5800cal BP,
5070±45bp, 5950-5750cal BP,
5195±40bp, 6200-5900cal BP,
5195±45bp, 6200-5800cal BP

Dazu noch einige Proben von Knochen einheimischer Rinder:
5120±40- 4950±60bp, 5980-5810cal BP

Laut der Datenbank BioPal- Sammlung (CaSES – Barcelona) ist die Knoblauchsrauke in Europa, Zentralasien, im nördlichen Indien und West-China verbreitet (SAUL ET AL. 2013).

Versuch: Wie schmeckt die Knoblauchsrauke in einem Eintopf?

Um diese Frage zu beantworten, machte sich die Autorin auf die Suche nach dieser Knoblauchsrauke und fand sie nicht un-



Abb. 4: Zutaten für den Eintopf mit Gewürz: Karotten, Linsen, Lauch, Speck, Salz, Sellerie, Getreidekörner, Knoblauchsrauke. – Ingredients for the stew with spices: carrots, lentils, leeks, bacon, salt, celery, cereal grains, garlic mustard.



Abb. 5: Zubereitung der Speise. – Preparation of food.

weit des Wohnplatzes auf einer kaum genutzten Wiese. Beim Zerreiben der Blätter konnte man bereits den typischen Knoblauchgeruch wahrnehmen.

Für den einfachen Eintopf (Abb. 4) wurden zwei Handvoll Getreidekörner, Linsen (wurden über Nacht eingeweicht), Möhren, Sellerie, Lauchzwiebel, etwas Speck und eine Prise Salz in Wasser weich ge-



Abb. 6: Fertiger Eintopf mit Knoblauchsrauke. – Dressed stew with garlic mustard.

kocht (Abb. 5). Erst kurz vor Kochende gibt man dann die Knoblauchsrauke hinzu. Würde man sie von Anfang an mitkochen, verlöre sie den typischen Knoblauchgeschmack.

Das Ergebnis (Abb. 6) war ein gut und pikant schmeckender Eintopf.

Literatur

BRINKMÖLLER, G. 1990: Bemerkungen zur Ernährung und Nahrungszubereitung im Neolithikum. In: R. Rolle, W. Herz (Hrsg.), Archäologie in der Region. Untersuchun-

gen zur urgeschichtlichen Siedlung-, Wirtschafts- und Lebensweise im südlichen Niedersachsen. Begleitband zur Ausstellung. Göttingen 1990, 40-42.

EMMEERLING-SKALA, A. 2005: „Sultan der Gemüsegärten“? – Der weiße Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) als Nahrungspflanze. VEN – Schriften des Vereins zur Erhaltung der Nutzpflanzenvielfalt 3. Lennebstadt 2005. URL:<http://www.emmerlingskala.de/publikat/chenopod.pdf>.

BINDER, D., ET AL. (Red.) 1996: Großes Wörterbuch – Fremdwörterbuch. Köln 1996.

KOHLER-SCHNEIDER, M., CANEPELE, A. 2010: Archäobotanische Analyse des Kultur- und Wildpflanzenspektrums der linearbandkeramischen Siedlung Mold, Niederösterreich. In: E. Lenneis (Hrsg.), Die bandkeramische Siedlung von Mold bei Horn in Niederösterreich. Internationale Archäologie 115. Rahden/Westf. 2010, 209-231.

LÜNING, J., u. A. (Hrsg.) 2005: Die Bandkeramiker – Erste Steinzeitbauern in Deutschland. Bilder einer Ausstellung beim Hessentag in Heppenheim/Bergstraße im Juni 2004. Rahden/Westf. 2005.

PHILIPS, R. 1984: Das Kosmosbuch der Wildfrüchte. Essbare Kräuter-Beeren-Pilze. Erkennen und Zubereiten. Stuttgart 1984.

RIEHL, S. 2004: Siedlungen der Pfyner Kultur im Osten der Pfahlbaubucht von Sipplingen, Bodenseekreis. Hemmenhofer Skripte 4, Bd. 2, 2004. <http://www.urgeschichte.uni-tuebingen.de/fileadmin/downloads/Riehl/Riehl2004.pdf>, aufgerufen 2.2015.

SAUL, H., ET AL. 2013: Phytoliths in Pottery Reveal the Use of Spice in European Prehistoric Cuisine. PLoS ONE 8(8): e70583. doi: 10.1371/journal.pone.0070583; published August 21, 2013; aufgerufen 11.2014.

SCHMIDT, R. 1982: Pollen und Großreste aus der neolithischen Station Weyregg I am Attersee. Fundberichte aus Österreich 21, 1982, 157-170.

STÖCKLI, E. W., NIFFELER, U., GROSS-KLEE, E. (Hrsg.) 1995: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter – Vom Neandertaler bis zu Karl dem Grossen. Neolithikum SPM II. Basel 1995.

URL: <http://www.kraeuter-verzeichnis.de/kraeuter/weisser-gaensefuss.shtml> (aufgerufen 10.2014).

URL: <http://www.agrarservice.de/unkraeuter/weissergaensefuss.htm> (aufgerufen 10.2014).

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3>

[%9Fer_G%C3%A4nsefu%C3%9F](http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3)

(aufgerufen 10.2014).

URL: <http://www.wildkraeuterkunde.de/knoblauhsrauke.html>

(aufgerufen 11.2014).

URL: <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/phytolith/51660>

(Copyright 1999, aufgerufen 02.2015).

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3>

[%9Fer_G%C3%A4nsefu%C3%9F](http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3)

(aufgerufen 02.2015). URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Arch%C3>

[%A4ophyt](http://de.wikipedia.org/wiki/Arch%C3)

(aufgerufen 02.2015).

Abbildungsnachweis

Abb. 1-6: S. Umgeher-Mayer

Autorin

Mag. Sandra Umgeher-Mayer

Grillparzerstrasse 43/1/6

3100 Sankt Pölten

Österreich

E-Mail: mayer.sandra@kstp.at

Die Wasserspülung der römischen Latrinen Spül- und Schwemmversuche in einem Teilnachbau der Latrine der „Kleinen Thermen“ von Cambodunum

Hannes Lehar

Summary – The water flush of Roman latrines. *While the private latrines in Roman houses mostly accord to our outhouses, the latrines in thermae and in the public sector were in many cases not only elaborately designed, but they were always designed for the simultaneous use by multiple people, and the constructions also came with a water flush. The archaeological specialist literature describes this as flowing water through a canal under the lavatory seats, which comes either from a water pipeline, or from the effluent water that was collected for this purpose in thermae from the various bathing basins and guided into the latrines. Lately several colleagues voiced doubts about the functioning of a water flush used in this manner. Since the water streams in largely unpressurized and probably in small amounts, it appears dubious to the author as well, whether a cleaning of the latrine canal is thus actually possible. Even more so, because the canal in many constructions often contains several 90° corners and hardly any downward slope. To get clarity, some experiments were carried out in June 2014 with a replica of part of the latrine of the “small thermae” of Cambodunum (Kempten im Allgäu) to find out whether the so far assumed operating mode could have functioned or not. Because the experiment with the traditional flushing method theory brought no useful results, there have been continuing investigations, as to which water amounts and filling pressure would enable adequate purging, or whether an additional mechanical cleaning was also necessary. These experiments have shown that previous and future excavations need to be viewed from a new perspective.*

Die Ausgangslage

Während die privaten Latrinen in römischen Häusern zumeist unseren „Plumpsklos“ entsprachen (JANSEN 2009; KUNST 2008, 45f.), waren die Latrinen in Thermen und im öffentlichen Bereich vielfach nicht nur aufwendig gestaltet, die immer für den gleichzeitigen Gebrauch durch mehrere Personen ausgelegten Anlagen verfügten auch über eine Wasserspülung

(CECH 2011, 142f.; MANDERSCHIED 1988, 111; LAMPRECHT 1988, 149; 152). Die archäologische Fachliteratur beschreibt diese als durch den Kanal unter den Abortsitzen dahin fließendes Wasser (ca. 15 bis 20 cm tief), das aus einer Wasserleitung stammt, oder dass in Thermen das aus den verschiedenen Badebecken abfließende Wasser in die Latrine geleitet wird (FIGLIS 2005, 194; KUNST 2008, 41; MANDERSCHIED 1988, 111; THIEL 2008, 97).



Abb. 1: Originale Begrenzung des rechten Astes der „Latrine 1“ mit aufgesetzter Ergänzung aus Holz (im Hintergrund die sogenannte „Latrine 2“). – Original boundary of the right branch of „latrine1“ with fitted wooden addition (in the background the so called „latrine 2“).

Anschaulich zeigt das die animierte Illustration zur Wanderausstellung „Das stille Örtchen“ der staatlichen Schlösser und Gärten Baden-Württemberg (BADEN-WÜRTTEMBERG 2011).

In letzter Zeit wurden von Seiten einiger Kollegen Zweifel an der Funktionsfähigkeit einer Spülung dieser Art laut (JANSEN 2009; ZIELING 2009).

Da das Wasser weitgehend drucklos und vermutlich in geringer Menge einströmte, erschien es auch dem Autor ungewiss, ob dadurch tatsächlich eine Reinigung des Latrinenkanals möglich war. Dies umso mehr, als der Kanal in vielen Anlagen oft mehrere 90° Ecken und kaum Gefälle aufweist.

Um etwas Klarheit zu schaffen, sollte

durch Versuche mit einem Nachbau eines Teils der sogenannten „Latrine 1“ (im Folgenden „Latrine“ genannt) der „Kleinen Thermen“ von Cambodunum (Kempten im Allgäu) geklärt werden, ob die bisher allgemein angenommene Betriebsart funktioniert haben kann oder nicht.

Für den Fall, dass der Versuch ein negatives Resultat für die bisher herrschende Meinung brachte, sollte weiterführend untersucht werden, mit welcher Wassermenge und welchem Einströmdruck des Wassers eine ausreichende Durchspülung möglich ist, oder ob in jedem Fall eine zusätzliche Reinigung (mechanisch oder hydraulisch) nötig ist.

Daraus sollten die aus heutiger Sicht dafür notwendigen Baumaßnahmen und die

mögliche Betriebsweise ermittelt werden, die für eine zufriedenstellende Reinhaltung notwendig gewesen wären.

Warum die Latrine der „Kleinen Thermen“ von Cambodunum?

Neben der guten Erreichbarkeit von Innsbruck aus war ausschlaggebend, dass sich die Begrenzungen eines Astes der Anlage und der Abflusskanal noch in situ befinden (persönliche Mitteilung P. Pfister, pensionierter Grabungstechniker, Kempten 2013; WEBER 2000, 79), die Abmessungen und vor allem die Neigungswinkel daher einigermaßen sicher feststellbar sind (Abb. 1).

Die Versuchsanordnung

Die Versuche fanden am 26.6.2014 auf dem Gelände der Berufsfeuerwehr Innsbruck, die auch einen Teil der Geräte samt Bedienungsmannschaft stellte, statt. Als Baumaterial für den Latrinengang (im

Folgenden: „Kanal“) wurden Schalbretter – teils neu, teils gebraucht, um verschiedene Oberflächenrauigkeiten darstellen zu können – verwendet. Da die Stärke des im Original sicher vorhandenen opus signiniums, der wasserdichten Innenauskleidung des Kanals, nicht mehr feststellbar war, wurde der Einfachheit halber die Breite der Schalbretter (50 cm) durchgehend verwendet. Damit dürfte der Originalzustand der Kanalbreite annähernd erreicht worden sein. Für die Seitenwände wurden die Schalbretter ebenfalls mit 50 cm belassen, die Originalhöhen markiert. Da das Wasser niemals auch nur annähernd eine Höhe von 30 cm (geringste Tiefe des Originals) erreichte, war dieser Überstand bedeutungslos. Das Gefälle von 2° in den eigentlichen Latrinengang (Teil 1 und Teil 2), beziehungsweise 15° im Abflusskanal (Teil 3) resultiert aus dem errechneten Mittel der gemessenen Neigungswinkel des Originals. Wegen des am Boden der Kanäle fehlenden Verputzes konnten die Messungen nur an den (unebenen) Steinplatten, die ursprünglich der Putzträger gewesen sind, vorgenommen werden. Die so ermittelten Werte sollten dennoch dem Originalzustand entsprechen (Abb. 2).

Das Spülwasser kam aus einem transparenten Kunststofftank (1x1x1 m = 1000 l), der mittels eines Gabelstaplers auf verschiedene Höhen gehoben werden konnte. Die Einleitung in den Kanal erfolgte mit einem Stück Feuerwehrschauch. So war es möglich, die jeweils verbrauchten Wassermengen zu ermitteln und mit verschiedenem Wasserdruck zu arbeiten.

Das Auffüllen des Tanks erfolgte aus einem 3000 l Tanklöschfahrzeug, das zweimal Nachschub holen musste (Gesamtmenge des verbrauchten Wassers ca. 9000 l). Das Nachfüllen aus einer Hauswasserleitung hätte zu lange gedauert. Das Spülwasser wurde am Ende der Anlage in einen öffentlichen Kanal entsorgt (Abb. 3).

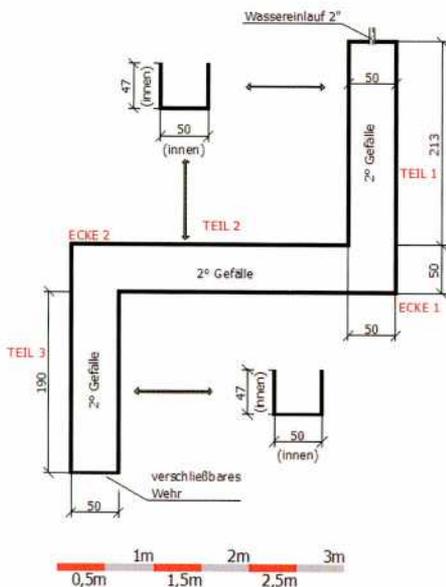


Abb. 2: Planskizze der Versuchsanlage (Draufsicht). – Sketched plan of the experimental station (top view).



Abb. 3: Versuchsanordnung am 26.6.2014: nachgebauter Latrinenkanal und Gabelstapler mit Wasserbehälter zur Wasserversorgung und Druckregulierung. – Experimental arrangement on 26.6.2014: reverse engineered latrine canal and fork lift truck with water container for water supply and pressure regulation.

Ablauf der Versuche

Die Versuche begannen um 09:30 und endeten um 16:00. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Römer drucklose Wasserkanäle kaum je mit großem Gefälle geführt haben und einige andere Latrinen (z. B. Carnuntum, Römische Villa von Borg, Villa von Hechingen-Stein) eher flache Abflusskanäle gehabt haben dürften, wurde der erste Teil der Versuche (abweichend von der Anlage in Cambodunum) mit einem Gefälle auch des letzten Teilstücks (Teil 3) von 2° durchgeführt, um allgemein gültige Ergebnisse zu erzielen (Abb. 2-4).

Im zweiten Teil der Versuche kam dann ein Gefälle von 15° (wie in Cambodunum vorhanden) zum Einsatz (Abb. 5).

Der Ablauf der einzelnen Versuche wurde mittels Protokoll und Fotos festgehalten. Zusätzlich wurden die Abläufe teilweise mit zwei Videokameras gefilmt. Um die Strömungen besser sichtbar zu machen, wurde dem Wasser mehrfach Farbstoff zugefügt. Aus dem Filmmaterial und den vorhandenen Fotos wurden in der Folge die Zeichnungen dieses Beitrags angefertigt. Für Präsentationen entstand noch ein Video (zurzeit noch ohne Ton) mit 15 Minuten Dauer, das einzelne Phasen der Versuche wesentlich anschaulicher zeigt. Es kann gegen Kostenersatz (€ 10,-) beim Autor bestellt werden. Zunächst wurden durch Variieren der Behälterhöhe und der Stellung des Kugelhahns am Behälterauslauf der optimal erscheinende Wasserdruck und die zu verwendenden

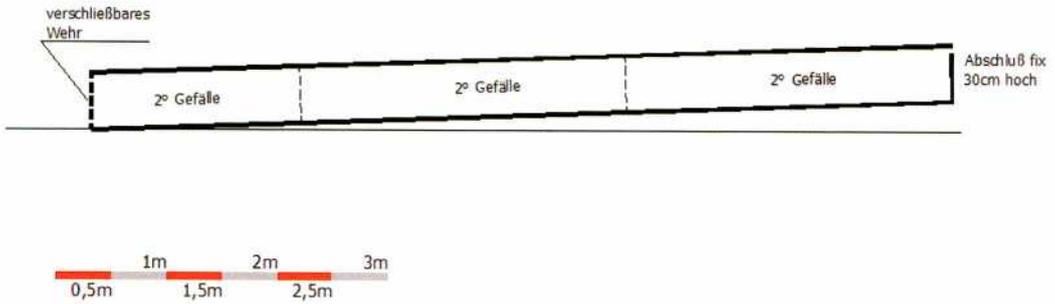


Abb. 4: Seitenansicht (gestreckt) der Versuchsanlage mit letztem Teilstück mit 2° Gefälle.
– Side view (elongated) of the experimental station with last section with 2° slope.

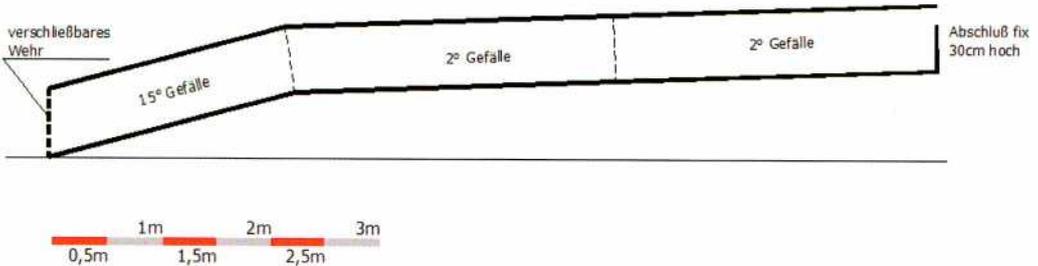


Abb. 5: Seitenansicht (gestreckt) der Versuchsanlage mit letztem Teilstück mit 15° Gefälle.
– Side view (elongated) of the experimental station with last section with 15° slope.

Wassermengen pro Minute ermittelt. Für die Versuche wurde ein Auslaufdruck zwischen 0,2 und 0,15 bar festgelegt. Dies ergibt sich aus dem Abstand der Oberkante des vollen Wasserbehälters (2 m) beziehungsweise des durch Ablassen abgesunkenen Wasserspiegels im Behälter (1,5 m) zum Boden des Kanals (Teil 1). Eine Reduzierung bis auf 0,1 bar erschien ohne Nachteil für die Funktion möglich. Ein Druck von 0,3 bar brachte keinen erkennbaren Vorteil. Zum Vergleich: Moderne Hauswasserleitungen haben meist einen auf ca. 3,5 bar reduzierten Betriebsdruck. Daraus resultierte ein Ausfluss von ca. 130 l/min (ca. 7800 l/h) bei voll geöffnetem Auslaufkugelhahn (in der

Folge als „Volle Wassermenge“ bezeichnet) und ca. 65 l/min (ca. 3900 l/h) bei Reduktion der Durchflussmenge durch den Auslaufkugelhahn (in der Folge als „Halbe Wassermenge“ bezeichnet). Die Versuche wurden teilweise mehrfach wiederholt und es werden auch (aus Platzgründen) nicht alle in diesem Beitrag geschildert, wie auch die Zahl der Zeichnungen/Fotos eingeschränkt werden musste.

Versuche mit einer Neigung von 2° in Teil 3:

Durchströmung mit voller Wassermenge: Das Wasser verteilt sich ziemlich gleichmäßig im Kanal (Tiefe ca. 2 cm). Inter-

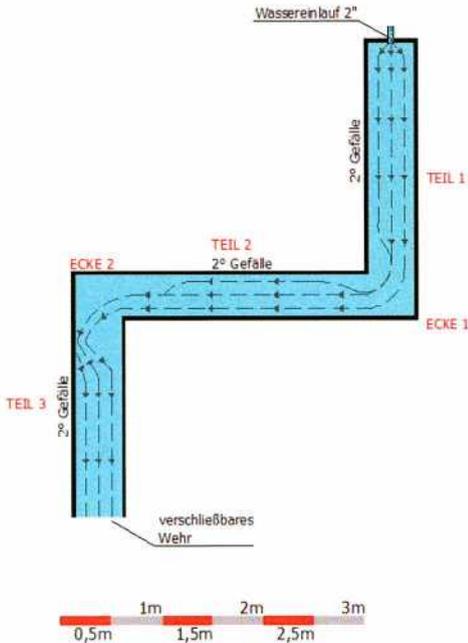


Abb. 6: Wasserverteilung und Hauptströmung bei Durchspülung mit voller Wassermenge. – Water distribution and mainstream during permanent purging with full water volume.

essant ist der Strömungsverlauf in den Ecken: Dort zeigen sich zwei Bereiche, die kaum vom Wasser gespült werden (Abb. 6). Außerdem treten im Eckbereich Verwirbelungen auf. Wie sich im Verlauf der Versuche zeigt, tritt dieses Phänomen bei sämtlichen Spülarten mehr oder weniger stark auf (Abb. 7).

Durchströmung mit halber Wassermenge: Das Wasser verteilt sich ziemlich gleichmäßig im Kanal (Tiefe ca. 1 cm). Sonst wie vorher, lediglich in Teil 3 verlagert sich der Wasserstrom eher zur Außenseite.

Halbe Wassermenge, das Wehr am Ende des Kanals wird mehr oder weniger geschlossen: bei Öffnung 4,5 cm kein Rückstau, bei Öffnung 0,5 cm wenig Rückstau, bei Öffnung 0,1 cm (= praktisch geschlossen) Rückstau bis über erste Ecke. Eine genaue Regelung der Durchflussmenge mit dem Wehr erscheint kaum möglich.

Zusatz von Kot zum Wasser (volle Was-

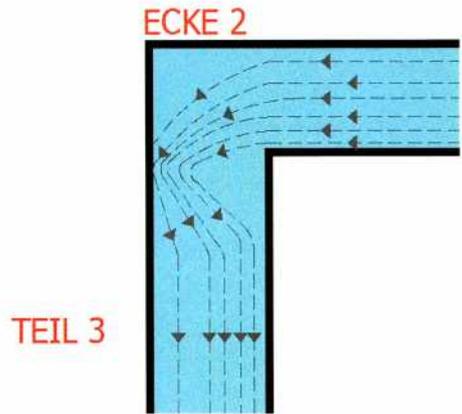


Abb. 7: Typischer Verlauf der Strömung in einer Ecke des Latrinakanals. – Typical mainstream in a corner of the latrine canal.

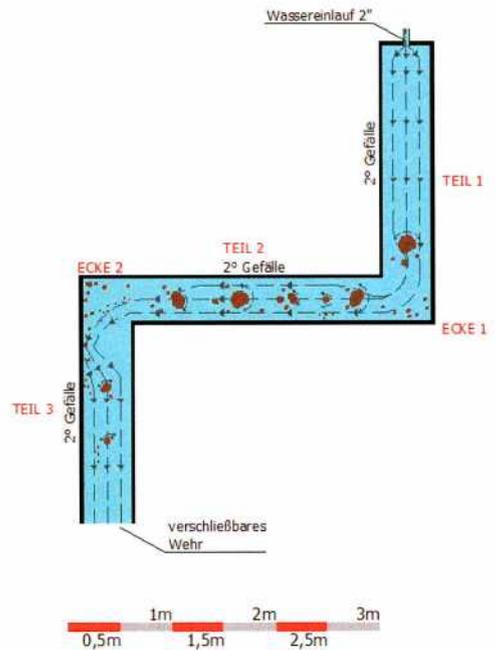


Abb. 8: Wasserverteilung und Hauptströmung bei Kotzusatz und Durchspülung mit voller Wassermenge. – Water distribution and mainstream during excrement addition and permanent purging with full water volume.

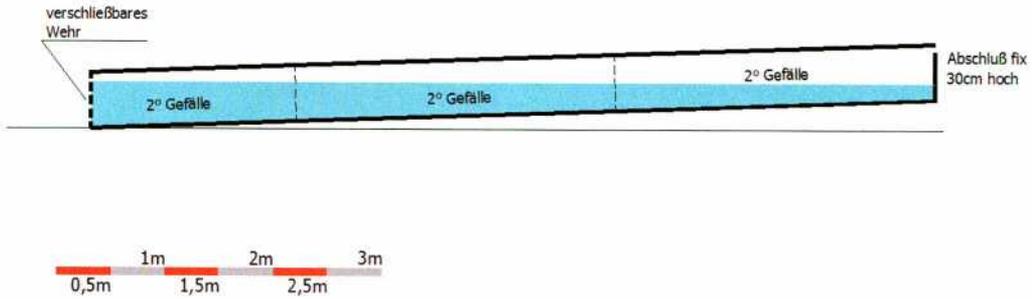


Abb. 9: Füllung des Kanals für „Passive Schwallspülung“ (Seitenansicht). – Filling of the canal for “Passive Surge Flushing” (side view).

sermenge): Rinderkot: Im Bereich der Einströmung und im ersten Teil löst sich der Kot (eingelagerte Strohreste!) bzw. wird mitgenommen. Im zweiten Teil wird der Kot nur in geringem Maß auf der linken Seite mitgenommen – ca. 2° Schiefelage dieses Kanalstücks! Nach erneutem Ausrichten in die Waagrechte gleichmäßige Durchspülung über die ganze Breite, aber nur wenig Auflösung und Abtransport des Kots. Schweinekot: entspricht nach allgemeiner Ansicht der Teilnehmer eher dem menschlichen Kot (fester, kompakter, fast ohne Stroh, weil aus Spaltbodenhaltung, ist allerdings leider weniger klebrig als menschlicher Kot), daher wird in der Folge bei den weiteren Versuchen nur mehr Schweinekot verwendet:

Durchspülung wie vorher, jetzt allerdings geringere Auflösung des Kots und weniger leicht wegschwemmbar. Vor allem in Teil 2 liegt der Kot (Schweinekot) so stabil, dass er den Wasserstrom umlenkt/teilt. Eine Reinigung des Kanals durch eine derartige Durchspülung erscheint nicht möglich (Abb. 8). Überraschend ist die Tatsache, dass kein Gestank wahrgenommen wird, obwohl die Tiefe des durchströmenden Wassers nur zwischen 1 und 3 cm beträgt, und obwohl Schweinekot ziemlich geruchsintensiv ist. (Man muss allerdings bedenken, dass der Versuch im Freien stattfand.)

Zusatz von Kot (Schwein) zum Wasser (halbe Wassermenge): Ergebnis gleich wie bei voller Wassermenge, nur noch weniger Auflösung und Abtransport des Kots. Wassertiefe ca. 1 cm, trotzdem kein merkbarer Gestank.

Zusatz von Kot zum Wasser (volle Wassermenge), Schließen des Wehrs am Ende von Teil 3: dadurch Rückstau unterschiedlicher Tiefe bis in den Einströmbereich von Teil 1 (Abb. 9). Schlagartiges Ablassen der gesamten aufgestauten Wassermenge durch Öffnen des Wehrs. Der dadurch entstehende Wasserschwall („Passive Schwallspülung“) reißt den bisher liegen gebliebenen Kot fast vollständig mit und spült ihn aus dem Kanal hinaus. Nur in den Ecken 1 und 2 bleiben Reste liegen.

Wiederholung des Versuchs mit Zusatz von Kot zu halber Wassermenge mit anschließender „Passiver Schwallspülung“: gleiches Ergebnis wie bei voller Wassermenge.

Kot wird (nach Pause) in den nicht durchspülten – jetzt weitgehend trockenen – Kanal eingebracht. Anschließend wird versucht, mit einer „Aktiven Schwallspülung“ – 60 l Wasser, die aus einem Kunststofffass in einem Schwung in den Anfang des Teils 1 gekippt werden (Abb. 10) – den Kanal zu reinigen: In Teil 1 wird der Kot weggeschwemmt, sonst mit steigen-



Abb. 10: „Aktive Schwallspülung“ mit 60 l Wasser. – “Active Surge Flushing” with 60 l of water.



Abb. 12: Bei geschlossenem Wehr aufgestautes Wasser erreicht gerade noch die Ecke 2. – With closed dam, pent-up water barely reaches corner 2.

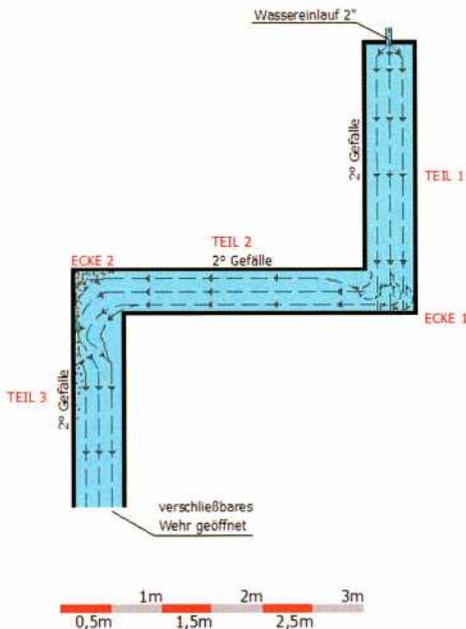


Abb. 11: Wasserverteilung und Hauptströmung bei Kotzusatz nach „Aktiver Schwallspülung“. – Water distribution and mainstream during excrement addition after “Active Surge Flushing”.

der Entfernung immer geringere Reinigung, größere Kotteile bleiben liegen. Offenbar keine geeignete Methode. Reinigung mittels Feuerwehrschauch ist nötig. Offensichtlich muss der Kanal nass gehalten werden.

Kot wird in den jetzt mit voller Wassermenge durchspülten Kanal eingebracht. Anschließend wird versucht, mit einer „Aktiven Schwallspülung“ mit 60 l Wasser den Kanal zu reinigen (Abb. 10): Der Kot wird jetzt fast vollständig mitgerissen und aus dem Kanal hinausgespült, nur in den Ecken bleiben Reste liegen (Abb. 11). Kot wird in den jetzt mit halber Wassermenge durchspülten Kanal eingebracht. Anschließend wird versucht, mit einer „Aktiven Schwallspülung“ mit 60 l Wasser den Kanal zu reinigen: gleiches Ergebnis wie bei Durchspülung mit voller Wassermenge.

Kot und zusätzlich Metallteile (Schrauben, Muttern) werden in den mit voller Was-



Abb. 13: Ansicht der Ecke 2 bei Zusatz von Kot, Metallteilen und Münzen nach „Aktiver Schwallspülung“ (Man beachte die Münzen, die im Hauptstrom liegen geblieben sind). – View of corner 2 during addition of excrement, metal parts and coins after “Active Surge Flushing” (note the coins which have remained lying in mainstream).

sermenge durchspülten Kanal eingebracht. Anschließend wird versucht, mit einer „Aktiven Schwallspülung“ mit 60 l Wasser den Kanal zu reinigen: Der Kot wird jetzt fast vollständig mitgerissen und aus dem Kanal hinausgespült, nur in den Ecken bleiben Reste liegen. Die Metallteile werden nur im Hauptstrom mitgerissen, teilweise in den Außenbereich der Ecken gespült und bleiben dort liegen (Abb. 13). Zusatz von großer Menge an Kot zum Wasser (volle Wassermenge): teilweise Reinigung nur in Teil 1, sonst bleibt der Kot liegen.

Versuche mit einer Neigung von 15° in Teil 3 (entspricht der Situation in Cambodunum):
Durchströmung mit voller Wassermenge:

Wasser verteilt sich anscheinend gleichmäßig im Kanal (Teil 1 und 2) wie vorher bei geringem Gefälle (ca. 2-3 cm Tiefe), nur in Ecke 2 schneidet der Hauptstrom die Kurve, (daher?) in Teil 3 jetzt gleichmäßige Verteilung des Wasserflusses über die gesamte Breite, allerdings hier nur mehr ca. 1 cm tief. (Das Wasser läuft durch das stärkere Gefälle gewissermaßen davon.) Weiterhin sind starke Verwirbelungen in den Ecken sichtbar, wenn auch in Ecke 2 etwas weniger stark. Zusatz von Kot zum Wasser (volle Wassermenge), Schließen des Wehrs am Ende von Teil 3: dadurch Rückstau unterschiedlicher Tiefe bis Ecke 2. Weiterer Stau ist nicht möglich, weil der Wasserstand im Bereich des Wehrs jetzt bereits so hoch wird, dass Wasser überfließt



Abb. 14: Blick über „Latrine 2“ und Absetzgrube auf „Latrine 1“. Man sieht den Abflusskanal, der von „Latrine 1“ durch/über die Absetzgrube verläuft und unter dem Standpunkt des Betrachters unterirdisch in Richtung „Große Thermen“ weiter verläuft. – View over “latrine 2” and cesspool to “latrine 1”. One sees the discharge canal that proceeds from “latrine 1” through/over the cesspool and under the viewing point of the beholder, which then proceeds further underground in the direction of the “Great Thermae”.

(Abb. 12). Trotzdem schlagartiges Ablassen des aufgestauten Wassers durch Öffnen des Wehrs. Der dadurch entstehende „Passive Wasserschwall“ reißt (erwartungsgemäß) nur den bisher liegengebliebenen Kot aus dem Staubereich (= nur Teil 3) vollständig mit und spült ihn aus dem Kanal hinaus. Oberhalb des Staubereichs (Ecke 2, Teil 2, Ecke 1 und Teil 1) bleibt der Kot komplett liegen. Das heißt, diese Spülmethode ist nur bei flachen Latrinenkanälen möglich und auch das nur, wenn der Kanal nicht zu lang ist, weil

sonst gefällebedingt das Wasser im Bereich des Wehrs zu hoch steigt und überfließt, bevor der Kanal in seiner ganzen Länge hoch genug mit Wasser gefüllt ist (Abb. 12).

Durchströmung mit halber Wassermenge: Das Wasser verteilt sich ziemlich gleichmäßig im Kanal (Tiefe ca. 1 cm). Sonst wie bei Teil 3 mit 2° Gefälle, lediglich in Ecke 2 schneidet die Strömung jetzt die Kurve und in Teil 3 fließt der Wasserstrom (dadurch?) gleichmäßig – allerdings mit sehr geringer Wassertiefe – über die Kanalbreite verteilt.

Kot, Münzen und Metallteile (Schrauben, Muttern) werden in den mit halber Wassermenge durchspülten Kanal eingebracht. Erwartungsgemäß bleibt das Material weitgehend liegen. Anschließend wird versucht, mit einer „Aktiven Schwallspülung“ mit 60 l Wasser den Kanal zu reinigen: Der Kot wird fast vollständig mitgerissen und aus dem Kanal hinausgespült, nur in den Ecken bleiben Reste liegen. Die Metallteile werden nur im Hauptstrom mitgerissen, teilweise in den Außenbereich der Ecken gespült und bleiben dort liegen. Besonders hartnäckig erweisen sich die Münzen, die teilweise selbst im Bereich der Hauptströmung liegen bleiben (Abb. 13).

Kot, Münzen und Metallteile (Schrauben, Muttern) werden in den mit voller Wassermenge durchspülten Kanal eingebracht: Das Material wird in Teil 1 teilweise weitergespült, sonst bleiben der Kot, Metallteile und Münzen liegen, in Ecke 2 wird das Wasser durch das starke Gefälle des Ausflusses anscheinend zum „Schneiden“ der Kurve veranlasst. Münzen bleiben dort auch in Teilbereichen des Hauptstroms liegen (auch in Ecke 1).

Daher in der Folge Durchströmung mit voller Wassermenge, „Aktive Schwallspülung“ mit 60 l Wasser: gute Reinigung, nur in Ecke 2 (Außenseite) sammeln sich Mengen von Kot und Metallteilen. Münzen bleiben im Bereich der Ecke 2 auch

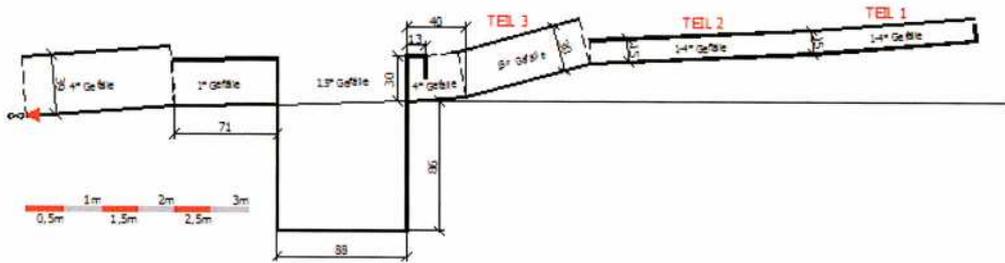


Abb. 15: „Latrine 1“ von Cambodunum mit nachgeschalteter Absetzgrube im Bereich der „Latrine 2“ und zu den Großen Thermen weiterführendem Kanal (Seitenansicht). – “Latrine 1” of Cambodunum with downstream cesspool in the area of “latrine 2” and canal continuing to the Great Therae (side view).

in Teilbereichen des Hauptstroms liegen (Abb. 13).

Vorläufige Schlussfolgerungen

Eine ständige Durchspülung des Kanals erscheint notwendig, weil sonst die Gefahr von Austrocknung und dadurch eines Festklebens des Kots besteht. Selbst eine Schwallspülung wäre dann weitgehend wirkungslos (siehe oben). Außerdem scheint die ständige Spülung die Geruchsbelästigung zumindest zu reduzieren.

Die „Volle Durchflussmenge“ von 130 l/min (= 7800 l/h) erscheint, um Wasser zu sparen, sinnvoll bis ca. 65 l/min („Halbe Durchflussmenge“) reduzierbar (= 3900 l/h = ca. 93 m³/Tag), allerdings muss dann der Boden des Kanals perfekt eben sein, um komplett benetzt zu werden. Es ist allerdings möglich, dass damit die Geruchsbelästigung steigt. Wenn man bedenkt, dass die häufig vertretene Meinung von 20 cm Wasserhöhe im Kanal spricht (anstatt wie im Versuch maximal 3 cm), würde das hochgerechnet einem Bedarf von ca. 52.000 l/h (= 52 m³/h = 1248 m³/Tag) für nur einen Ast der Latrine 1 bedeuten. Zum Vergleich die geschätzte Wasserzufuhr durch römische Wasserleitungen pro Tag: Vindobona/Wien max. 8000 m³ (GREWE 1988, 59), Aventi-

cum/Avenches 5000 m³ (GREWE 1988, 66), Colonia Augusta Treverorum/Trier 25.000 m³ (GREWE 1988, 83). Die Römer werden wohl kaum einen Großteil des Trinkwassers in den Latrinen verbraucht haben, wenn es – wie die Versuche gezeigt haben – mit wesentlich weniger funktionieren konnte. Selbst wenn man eine weitgehende Reduzierung des Durchflusses außerhalb der Betriebszeiten annimmt, bleibt die Differenz gewaltig. Im Fall von Cambodunum kommt ein derart hoher Wasserstand schon deshalb nicht in Betracht, weil das Wasser im Latrinenkanal (Teil 1 und Teil 2) diese Wassertiefe nie halten konnte, weil das Wasser wegen des starken Gefälles von Teil 3 „davonläuft“. Interessant in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass im Fall von Cambodunum vollkommen unklar ist, woher das Wasser für Thermen und Latrinen stammte. Eine Arbeitsgruppe der Universität Augsburg arbeitet an der Klärung. Sicher ist nur, dass das Spülwasser nicht aus den Thermen kam, denn deren (erhaltener) Abflusskanal führt im Bogen an den Latrinen vorbei und mündet erst ein Stück danach in deren Abfluss.

Ein Druck von 0,15 bis 0,2 bar für das einströmende Spülwasser erscheint ausreichend.

Periodische Schwallspülungen sind not-

wendig (stattdessen sind periodische, mechanische Reinigungen denkbar).

Sowohl mittels Schwallspülung durch schlagartiges Einleiten des Wassers („Aktive Schwallspülung“) als auch durch Aufstauen und schlagartiges Entleeren („Passive Schwallspülung“) ist eine gründliche Reinigung des ständig mit einer geringen Wassermenge durchströmten Kanals prinzipiell möglich. Eine „Passive Schwallspülung“ erfordert wegen des vorhergehenden Aufstauens im gesamten Kanal aber wesentlich mehr Wasser und ist außerdem nur bis zu einer bestimmten Anlagengröße und Kanalneigung möglich (siehe oben).

In den Ecken wird sich eine mechanische Reinigung von Zeit zu Zeit trotzdem nicht vermeiden lassen.

Ein Abtransport aller festen Bestandteile durch ableitende, flach verlaufende Kanäle über weite Strecken erscheint nicht möglich, weil sich in den drucklosen, flach verlaufenden römischen Kanälen der Schwung einer Schwallspülung schnell verliert (vgl. auch JANSEN 2009).

Daher erscheint der Einbau von Absetzgruben für den Kot im Bereich der Latrinen oder unmittelbar danach für eine klaglose Funktion notwendig gewesen zu sein. In Cambodunum befindet sich eine entsprechende Grube in idealer Lage unmittelbar nach „Latrine 1“ im Bereich der anschließenden „Latrine 2“ (Abb. 14-15). Diese Grube ist älter als „Latrine 1“, es ist aber nicht gesichert, wie lange sie in Betrieb war. Sie hätte von der Größe und ihrer Lage her wohl für beide Latrinen ausgereicht.

Diese vorläufigen Schlussfolgerungen gelten vor allem für Cambodunum und lassen sich sicher nicht eins zu eins auf alle Latrinen übertragen. Schließlich sind nicht alle Latrinen gleich. Auch ist die Auswertung des Versuchs noch nicht abgeschlossen. Trotzdem liefert dieser Versuch neue Erkenntnisse, und es können – nach Ansicht des Verfassers – bisher all-

gemein anerkannte Ansichten nicht mehr in vollem Umfang aufrechterhalten werden. Weitere Untersuchungen und Überlegungen sind nötig. Aber wir wissen jetzt mehr über die Möglichkeiten der Spülung in römischen Latrinen und können darauf aufbauen.

Literatur

BADEN-WÜRTTEMBERG 2011: Schlösser und Gärten Baden-Württemberg (Hrsg.), Eine animierte Illustration für die Wanderausstellung „Das Stille Örtchen“ (2011). <http://www.vimeo.com/68358964>, Bereich zwischen 0:26 und 0:55 abgerufen am 28.8.2014.

CECH, B. 2011: Technik in der Antike. Darmstadt 2011.

FIGLIS, M. 2005: Wasser und Abwasser – Infrastruktur für Soldaten und Bürger. In: Archäologisches Landesmuseum Baden-Württemberg (Hrsg.), Imperium Romanum – Roms Provinzen an Neckar, Rhein und Donau. Stuttgart 2005, 190-194.

GREWE, K. 1988: Römische Wasserleitungen nördlich der Alpen. In: Frontinus-Gesellschaft e. V. (Hrsg.), Die Wasserversorgung antiker Städte. Mainz 1988, 43-96.

JANSEN, G. 2009: Sewers or cesspits? About modern assumptions and Roman preferences. In: S. Hoss (Hrsg.), Roman Latrines and Cesspit Toilets in the North-Western Provinces of the Roman Empire. H-Net Reviews 2009. <http://www.h-net.org/reviews/showrev.php?id=27772>, abgerufen am 23.10.2013.

KUNST, C. 2008: Leben und Wohnen in der römischen Stadt. Darmstadt 2008.

LAMPRECHT, H. 1988: Bau- und Materialtechnik bei antiken Wasserversorgungsanlagen. In: Frontinus-Gesellschaft e. V. (Hrsg.), Die Wasserversorgung antiker Städte. Mainz 1988, 129-155.

MANDERSCHIED, H. 1988: Römische Thermen. Aspekte von Architektur, Technik und Ausstattung. In: Frontinus-Gesell-

schaft e. V. (Hrsg.), Die Wasserversorgung antiker Städte. Mainz 1988, 99-125.

THIEL, A. 2008: Die Römer in Deutschland. Stuttgart 2008.

WEBER, G. 2000: Bauboom in Stein – eine Stadt nach mediterranem Vorbild. In: G. Weber (Hrsg.), Cambodunum – Kempten, erste Hauptstadt der römischen Provinz Raetien? Mainz 2000, 49-80.

ZIELING, N. 2009: Durchgespült – Eine römische Latrinenspülung in den Thermen der Colonia Ulpia Traiana bei Xanten. In: S. Hoss (Hrsg.), Roman Latrines and Cesspit Toilets in the North-Western Provinces of the Roman Empire. H-Net Reviews 2009. <http://www.h-net.org/reviews/showrev.php?id=27772>, abgerufen am 23.10.2013

Abbildungsnachweis

Abb.1-15: © H. Lehar

Autor

Mag. Dr. Hannes Lehar

Universität Innsbruck

Institut für Archäologien

Im Kerschbäumer 34

6112 Wattens

Österreich

hannes.lehar@aon.at

Experimentalarchäologische Untersuchungen zu römischem Getreidebrei – Bericht zur methodischen Vorgehensweise des ersten Laborexperiments „LNF2012“

Dominik Hagmann, Alarich Langendorf, Romina Weitlaner

Summary – Experimental Archaeological Studies on Roman Porridge. Report on the Methodological Approach of the First Laboratory Experiment “LNF2012”. This report presents preliminary results of experimental archaeological investigations on the reproduction of the Roman porridge *puls*. The archaeological experiment “LNF2012” was performed under laboratory conditions as part of the “Lange Nacht der Forschung” 2012 on April 27, at the Department of Classical Archaeology of the University of Vienna. Two posters gave the visitors insights to the Roman cuisine and Experimental Archaeology. Samples of the reproduced *puls* were dispensed for tasting to randomly chosen individuals. These people filled out a standardized form to describe their taste impressions. Based on the information given by the participants ($n = 47$), empirically substantiated statements concerning the organoleptic qualities of the *puls* were made. As a main result of this study an approach on how the manufacturing process of *puls* can be reconstructed is shown in figures 5 and 6. Based on the obtained data, further investigations shall be made concerning the manufacturing process, the energy expenditure and the porridge’s chemical properties.

Einleitung

Im vorliegenden Bericht werden erste Ergebnisse einer experimentalarchäologische Untersuchung zur Reproduktion von römischem Getreidebrei (*puls*) präsentiert. Im Zuge der öffentlichkeitswirksamen „Langen Nacht der Forschung“ 2012 (www.langenachtderforschung.at) wurde am 27. April 2012 das archäologische Experiment „LNF2012“ unter Laborbedingungen (KUCERA 2004, 8-12) am Institut für Klassische Archäologie der Universität Wien durchgeführt. Zwei Poster vermittelten den Besuchern und Besucherinnen Einblicke in die römische Küche und die

Methoden der Experimentellen Archäologie, zudem wurden Proben des reproduzierten Breis an zufällig ausgewählte Testpersonen zur Verkostung ausgegeben. Die Testpersonen wurden im Anschluss mithilfe eines standardisierten Fragebogens zu ihren geschmacklichen Eindrücken bezüglich des Gerichtes befragt (Abb. 1). Anhand der Aussagen der freiwillig teilnehmenden Probanden ($n = 47$) konnten so die geschmacklichen Eigenschaften des Gerichtes empirisch fundiert und objektiver als durch Einzelpersonen beschreiben werden.

Das Projekt wurde durch die tatkräftige Unterstützung von Mitgliedern der Ar-



Lange Nacht der Forschung
Befragung zu Geschmackseigenschaften
puls fabata

Universität Wien
Institut für Klassische Archäologie
27.04.2012

*Bitte beantworten Sie die folgende Befragung zu den Geschmackseigenschaften der puls. Die hier
genannten Güter tragen zu einer ethnologischen und kulturhistorologischen Untersuchung der puls
bei. Die Datenverantwortung ca. 1 Jahr in Anspruch nehmen. Die Auswertung erfolgt digital und anonym.*

1. Angaben allgemein

1.1. Alter:

1.2. Geschlecht: weiblich männlich

1.3. Beruf:

2. Angaben – puls fabata

2.1. optischer Eindruck: ansprechend nicht ansprechend

2.2. Geruch: ansprechend nicht ansprechend

2.3. Geschmack: sämig sauren süß bitter

2.3. subjektives Empfinden: wohlschmeckend nicht wohlschmeckend

3. Angaben – individuell

VIELLEN DANK FÜR DIE MITARBEIT!

D. Hagmann 2012



Abb. 1: Formular für die Befragung zu den geschmacklichen Eigenschaften der puls. – Survey form of the characteristics and the taste of the puls.

beitskreise „Römische Kaiserzeit“ und „Experimentelle Archäologie“ der Österreichischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte (M. Baltas, C. Dalhed, C. Hasenzagl, R. Kliengraber, D. Kulovits, A. Matula, J. Reiter, J. Schiefinger, M. Ziegert) umgesetzt. Für die Realisierung ist ferner die Zusammenarbeit mit dem Institut für Klassische Archäologie der Universität Wien, der Studierendenvertretung Klassische Archäologie der Österreichischen Hochschüler- und Hochschülerinnenenschaft an der Universität Wien und dem Archäologischen Studierendenverband Österreichs zu nennen. Weiterhin wurde das Experiment von Univ.-Prof. Dr. G. Schörner, M.A., Mag. K. Maurer und Mag. Ing. M. Mehofer dankenswerterweise freundlich und großzügig unterstützt.

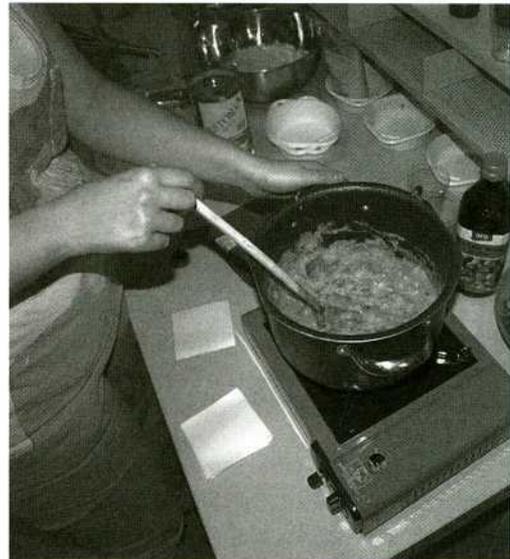


Abb. 2: Fotodokumentation: Puls (VR2/LNF2012) während Stufe 17 (Glattrühren). Deutlich erkennbar ist die sehr homogene Konsistenz der Breimasse mit den Kräuter- und Speck-Einschlüssen. – Photographic documentation: Puls (VR2/LNF2012) during stage 17 (stirring until smooth). The very homogenous consistency of the puls is clearly visible, as well as the inclusions of herbs and bacon.

Fragestellung

Das Projekt „LNF2012“ dient zur Erlangung reproduzierbarer Basisdaten hinsichtlich der Herstellung des römischen Getreidebreiengerichtes puls (GEORGES 1998; JUNKELMANN 1997 128-129; WÄHREN, SCHNEIDER 1995) unter Laborbedingungen. Anhand der erlangten Daten sollen Aussagen zum Herstellungsprozess (Verlauf, Energieaufwand) und – im Rahmen weiterführender Untersuchungen – der lebensmittelchemischen Eigenschaften dieses römischen Grundproduktes getroffen werden können.

Experimentdesign

Für das Laborexperiment wurde auf ausschließlich rezente Zutaten, Küchenwerk-

Schematische Darstellung des Experimentdesigns

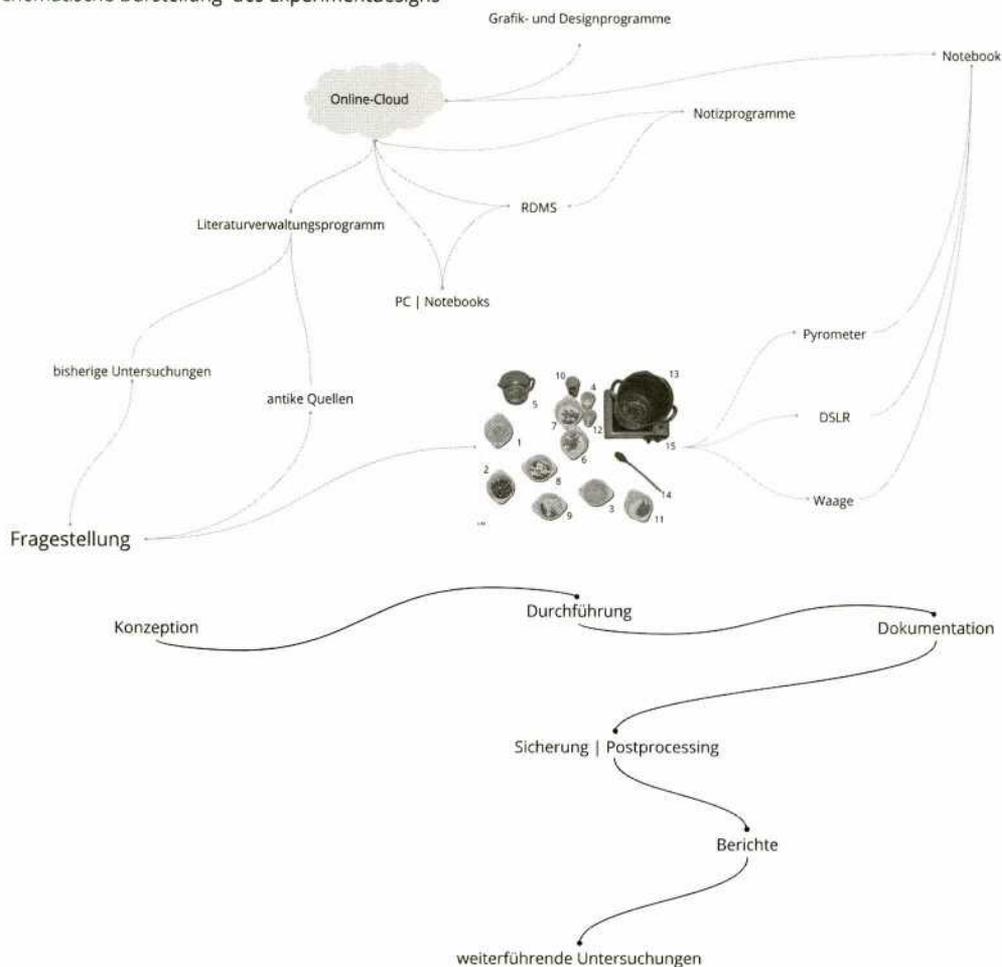


Abb. 3: Schematische Darstellung der Dokumentationsschritte innerhalb des Experimentdesigns. – Schematic view of the project design's dynamic processes.

zeuge und Gargeräte zurückgegriffen, die unter nachvollziehbaren Bedingungen produziert worden sind. Hinsichtlich Kochanweisungen zur Herstellung von puls in der Antike dienten Primärquellen der literarischen Überlieferung, die Sekundärliteratur über frühere archäologische Experimente zur puls lieferte erste Anhaltspunkte zu den verwendeten Zutaten und deren Mengen sowie der Zubereitungszeiten.

Das Laborexperiment setzte sich aus drei Versuchsreihen (VR1/LNF2012 bis VR3/LNF2012) zusammen. Jede von diesen

bestand aus der Reproduktion einer bestimmten Menge an puls, wobei eine Versuchsreihe gemäß der einzelnen Arbeitsschritte in Teilabschnitte („Stufen“) gegliedert wurde. Neben der Erfassung der allgemeinen Rahmenbedingungen wurde nach jedem Arbeitsschritt die entsprechende Änderung zum vorhergehenden Zustand der puls hinsichtlich Temperatur, Gewicht, Konsistenz, Erscheinung und Geschmack digital dokumentiert. Dies erfolgte durch die Aufnahme der Teilergebnisse der jeweiligen Stufe. Die Dokumentation wurde unter Verwendung eines No-

tebooks durchwegs digital mithilfe eines Relationalen Datenbankmanagementsystems (RDBMS), einer Waage, einer digitalen Spiegelreflexkamera (DSLR), eines Notizprogrammes sowie eines Pyrometers, ergänzt durch händisch angefertigte Notizen, durchgeführt (Abb. 2).

Die Auswertung erfolgte – verteilt auf verschiedene PCs – mithilfe von diversen RDBMS und einem Notizprogramm sowie einer Online Cloud, welche dem Datenaustausch und der Datensicherung diene. Diverse Grafik- und Designprogramme wurden zur Visualisierung der Daten herangezogen, ebenso wie ein Literaturverwaltungsprogramm zur Organisation derselben. Hierdurch wurde eine kostengünstige wie auch ortsunabhängige Datenverwaltung und -bearbeitung ermöglicht (Abb. 3).

Durchführung

Ausgehend von den antiken Primärquellen für Rezepte zur puls wurden den antiken Autoren Apicius (de re coquinaria 5,1,1-3) und Cato (Agr. 85-86) Anleitungen zur Herstellung von puls entnommen, kritisch bewertet und in das Experimentdesign miteinbezogen. Für das Experiment „LNF2012“ wurden die zwei Kategorien „Hauptzutaten“ und „Kräuter und Gewürze“ definiert und die Zutaten der jeweiligen Kategorie zugeordnet. Die verwendeten Mengen an Hauptzutaten orientierten sich dabei größtenteils an JUNKELMANN (1997, 194, I), dessen Rezept für puls fabata die Grundlage des Experiments darstellte; modifiziert wurde dieses jedoch – nicht zuletzt aufgrund der weitreichenderen Fragestellung und organi-



o.M.

Abb. 4: Zutaten- und Kochgerätesemble (VR1/LNF2012). – Ingredients and cooking utensils (VR1/LNF2012).

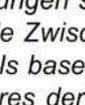
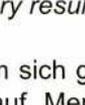
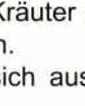
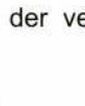
Stufe #	Beschreibung	Zutat (g)	Dosis (g)	Zeit (Min:SS)	Abbildung
1	Begleitwärmeführer Kochtopf auf Gaskocher; Entzündung der Gasflamme			00:00:00	
2	Zugabe Zutat	Olivenöl	10	00:00:30	nach Stufe 1 (VR3) 
3	Zugabe Zutat	Speck	130	00:01:00	nach Stufe 3 (VR1) 
4	Anrühren/gelegentliches Rühren			00:01:00	nach Stufe 4 (VR2) 
5	Zugabe Zutat	Zwiebel	100	00:02:00	n/a 
6	Anschwitzen/gelegentliches Rühren			00:02:00	während Stufe 6 (VR2) 
7	Abloschen	Essig	10	00:04:00	nach Stufe 6 (VR2) 
8	Rühren			00:04:00	während Stufe 8 (VR2) 
9	Zugabe Zutat	Dinkelgras	250	00:06:00	nach Stufe 9 (VR3) 
10	Zugabe Zutat	Wasser	700	00:06:00	VR3 
11	Aufgabeln/gelegentliches Rühren			00:06:00	während Stufe 11 (VR3) 
12-1	Zugabe Zutat	Garum	2	00:18:00	
12-2	Zugabe Zutat	Pfeffer	1	00:18:00	nach Stufe 12-1 (VR3) 
13	Rühren			00:18:00	während Stufe 13 (VR3) 
14-1	Zugabe Zutat	Koriander	2	00:18:00	
14-2	Zugabe Zutat	Lebsockel	2	00:18:00	
14-3	Zugabe Zutat	Mirze	2	00:18:00	
14-4	Zugabe Zutat	Thymian	2	00:18:00	nach Stufe 14-1 (VR3) 
15	Rühren			00:18:00	nach Stufe 15 (VR3) 
16	Erste Hitze/Abrücksetzen der Gasflamme			00:18:00	
17	Gutrühren			00:18:00	nach Stufe 17 (VR3) 
18	Ruhephase/Ende VR			00:20:00	nach Stufe 18 (VR2) 

Abb. 5-6: Arbeitsschritte zur Reproduktion einer Portion puls, basierend auf den Ergebnissen von VR1/LNF2012 bis VR3/LNF2012. Die angeführten Abbildungen stammen von der jeweils angegebenen VR und stellen das korrespondierende Zwischenergebnis dar. – Individual steps for the reproduction of one serving of puls based on the results from VR1/LNF2012 to VR3/LNF2012. Each case shows figures deriving from the afore-mentioned VR and represent the corresponding intermediary result.

satorischen Überlegungen – durch eine Bezugnahme zu den Ergebnissen von WÄHREN und SCHNEIDER (1995, 9-34; 64-65). Die in den Quellen kaum bis gar nicht näher definierte Dosierung der Kräuter und Gewürze erfolgte aber – vermutlich entgegen antiken Gewohnheiten – primär nach modernen Standards, also in Form von verhältnismäßig geringen, heute aber üblichen Dosen (z. B. 3 g Gewürze und 8 g Kräuter auf 1102 g puls bei VR1/LNF2012). Ein Ziel zukünftiger Untersuchungen wird hierbei die intensive kontextbezogene Auswertung der antiken lite-

rarischen Quellen sein, um sich gewissen Tendenzen im Hinblick auf Menge und Verwendung bestimmter Kräuter und Gewürze annähern zu können.

Die Vorbereitung setzte sich aus folgenden Punkten zusammen:

- Gewichtsdokumentation der verwendeten Zutaten
- Fotodokumentation
- Kleinschneiden der Zutaten
- abermalige Gewichts- und Fotodokumentation
- Zuteilung der Zutaten nach Art und Gewicht an die jeweiligen Versuchsreihen.

Im Rahmen der drei Versuchsreihen

- VR1/LNF2012
- VR2/LNF2012
- VR3/LNF2012

wurde danach das Gericht puls im Zuge von jeweils 18 Stufen (Abb. 5 und 6) zubereitet.

Hierfür wurden ein Edelstahltopf (Polytetrafluorethylenbeschichtung, Durchmesser 24 cm, Höhe 14,5 cm, Abb. 4,13) und ein Holzkochlöffel (Länge 33 cm, Abb. 4,14) verwendet, der gesamte Kochprozess wurde mittels eines Gaskochers (Flüssiggas; Propan-Isobutan-Mischung; Leistung: 2.200 Watt, Gasverbrauch: 170 g/h, Abb. 4,15) durchgeführt. Dadurch konnten für die Versuchsreihe VR1/LNF2012 1113 g, für VR2/LNF2012 1134 g und für VR3/LNF2012 1156 g an puls hergestellt werden.

Rezept

Unter Verwendung der Hauptzutaten

- Zwiebel (Abb. 4,1)
- Speck (Abb. 4,2)
- Dinkelgries (Abb. 4,3)
- Weinessig (Abb. 4,4)
- Mineralwasser ohne Kohlensäure (Abb. 4,5)

sowie der frischen Kräuter

- Koriander (Abb. 4,6)
- Liebstöckel (Abb. 4,7)
- Minze (Abb. 4,8)
- Thymian (Abb. 4,9)

und der Gewürze

- Garum-Ersatz (Koreanische Fischsauce Aekjeot, Abb. 4,10)
- gemahlener schwarzer Pfeffer (Abb. 4,11)
- filtriertes Olivenöl (Abb. 4,12)

konnte im Experiment der im Folgenden zu präsentierende Herstellungsprozess „HP/LNF2012“ vollzogen werden (Abb. 5 und 6).



Abb. 7: Detailaufnahme der fertiggestellten puls (Probe VR2/LNF2012/14, 133 g). – Detailed view of the finished puls (Probe VR2/LNF2012/14, 133 g).

Herstellungsprozess „HP/LNF2012“

Ergebnis 1: Visuelles Erscheinungsbild der puls

Das primäre Ergebnis des Experiments ist eine in ihrer Konsistenz sehr dickflüssig-zähe, klebrige und homogene Masse in einem sehr blassen Branton. Dabei sind die unregelmäßig geformten Kräuter in der Masse leicht als gräulich-grüne Einschlüsse zu erkennen (Abb. 7). Der gewürfelte Speck hingegen ist in seiner Form als dunkelrote Einschlüsse schwerer zu erkennen, beide sind jedoch gleichmäßig verteilt. Weitere Einschlüsse, etwa Pfeffer, sind makroskopisch nicht auszumachen; dies ist vermutlich den verwendeten, sehr fein gemahlene Pfefferkörnern geschuldet. Im Rahmen einer schematischen Farbbestimmung konnten für die fertiggestellte puls (VR3/LNF2012/16) folgende Werte ermittelt werden:

- Breimasse: Munsell 10YR 7/4 very pale brown; RGB: 202, 171, 128
- Fleischeinschlüsse: Munsell 5R 3/6 dark red; RGB: 130, 41, 48

Temperaturverlauf VR1/1/LNF2012

(ausgewählte Messpunkte)

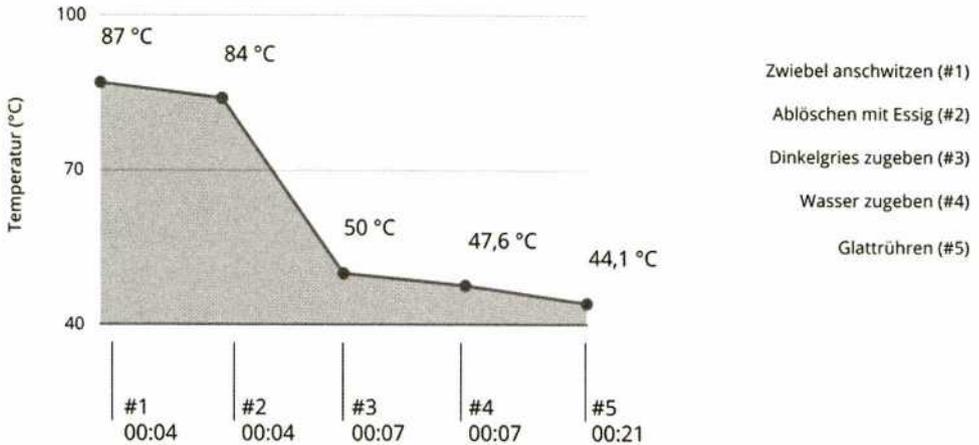


Abb. 8: Temperaturentwicklung der pul während des Produktionsprozesses (VR1/LNF2012). – Temperature curve of the production process of pul (VR1/LNF2012).

- Kräuter: Munsell 5G 5/2 grayish green;
RGB: 105, 128, 116

Ergebnis 2: Versuch einer Quantifizierung der in den Kochprozess investierten Zeit

Hinsichtlich der Herstellung zeigten die Versuchsreihen, dass für den Herstellungsprozess der pul einzelne Arbeitsschritte und ganze Arbeitsprozesse prägend sind. Hierbei wird unter einem einzelnen Arbeitsschritt einerseits eine einmalige, zeitlich kurze Handlung (≤ 1 min) in der Produktionskette verstanden (z. B. Zugabe einer Zutat). Unter einem Arbeitsprozessabschnitt andererseits wird eine im Vergleich zum einmaligen Arbeitsschritt zeitlich länger andauernde Handlung (≥ 1 min) in der Produktionskette verstanden (z. B. Rühren).

Ergebnis 3: Zubereitungszeit und Temperaturkurve

Die pul zeichnete sich im Experiment durch ihre rasche Zubereitungszeit aus, so belief sich beispielsweise der Herstel-

lungsprozess für VR1/LNF2012 bis VR3/LNF2012 auf durchschnittlich etwa 20 Minuten; dieser Wert versteht sich inklusive unvermeidbarer Unterbrechungen des Arbeitsprozesses für die Dokumentation (besonders Fotografie und Temperaturmessung). Ebenso ließ sich die pul herstellen, ohne besonders hohe Temperaturen erreichen zu müssen – die höchste gemessene Temperatur mit Hauptzutaten (fertig angebratene Zwiebel-Speck-Mischung, siehe Stufe 6, Abb. 5) belief sich dabei auf 87°C, bei einer Temperatur von durchschnittlich 42,9°C wurde die pul verzehrfertig zum Geschmackstest ausgegeben. Bei allen Temperaturangaben handelt es sich um die vorläufigen Ergebnisse von kontaktlosen Messungen der Oberflächentemperatur mithilfe eines Infrarot-Thermometers – hierbei wurde ein gemittelter Emissionswert der gemessenen Materialien von 0,95 angenommen (Abb. 8).

Ergebnis 4: Geschmacksdefinition

Die fertiggestellte pul der Versuchsrei-

hen VR1/LNF2012 bis VR3/LNF2012 wurden in Form von insgesamt 24 Proben (VR1/LNF2012/1 bis VR3/LNF2012/10, zw. 68 g und 185 g/Probe) an zufällig ausgewählte, freiwillige Probanden ausgeteilt. Nach vorläufiger Auswertung der 47 Rückmeldungen von Probanden wurde der Geschmack der reproduzierten puls von etwa 70% der Beteiligten als wohl-schmeckend sowie salzig-bitter betrachtet, jedoch bei einem nicht ansprechenden Geruch der puls. Dies dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach an der Verwendung der koreanischen Fischsauce als Würzungsmittel und garum-Ersatz liegen, deren intensiver und spezieller Geschmack sowie Geruch für einen mitteleuropäischen Gaumen als sehr ungewöhnlich einzustufen ist.

Ausblick

Aufbauend auf den bisher gewonnenen Basisdaten sollen in einem nächsten Schritt weitere Labor- und Feldexperimente durchgeführt werden. Dies soll vor allem dazu dienen, die puls-Reproduktion unter standardisierten, modernen Bedingungen mit den Produktionsprozessen unter antiken römischen Verhältnissen abgleichen und in weiteren Schritten annähern zu können. Ebenso wird durch die gleichbleibenden Bedingungen eine laufende Kontrolle der bisherigen Ergebnisse des Laborexperimentes ermöglicht. Für zukünftige Experimente werden neben weiteren intensiven Recherchen in der Forschungsliteratur auch die antiken literarischen und archäologischen Quellen einer genauen altertumswissenschaftlich-kritischen Auswertung unterzogen werden, um über fundierte Kenntnisse hinsichtlich des althistorischen und archäologischen Hintergrundes sowie einer (relativen) Chronologie zur puls zu verfügen. Hinsichtlich der Zutaten sollen diese Untersuchungen eine erweiterte (Daten-) Grundlage für zukünftige, differenzierte

Versuchsreihen liefern. Die Durchführung weiterer Geschmackstests ist ebenso geplant wie lebensmitteltechnische und -chemische Untersuchungen der final reproduzierten Proben, besonders hinsichtlich des Nährwertgehaltes des römischen Getreidebreis. Für die Präzisierung der Temperaturkurve im Herstellungsprozess soll die Kerntemperaturmessung ergänzend zur Messung der Oberflächentemperatur herangezogen werden. Aus diesen und weiteren Untersuchungen sollen Daten generiert werden, die schlussendlich weiterführende Aussagen zur Ernährung im Römischen Reich zulassen, besonders für die einfache Bevölkerung. Eine detaillierte und abschließende Abhandlung zu den Untersuchungen soll hierfür ebenso vorgelegt werden wie weitere Berichte zum Arbeitsfortschritt sowie die Online-Disposition sämtlicher Daten nach Abschluss des Projekts. Weitere Informationen zu den laufenden Experimenten werden zudem auf dem Projekt-Blog (diepuls.hypotheses.org) einem breiteren Interessentenkreis zur Verfügung gestellt.

Quellen

Apicius, M. G., *De re coquinaria*. Über die Kochkunst. Lateinisch/Deutsch. Herausgegeben, übersetzt und kommentiert von Robert Maier. Stuttgart 2010 (Erstauflage 1991).

Cato, M. P., *De agri cultura*. Über die Landwirtschaft. Lateinisch/Deutsch. Übersetzt und herausgegeben von Hartmut Froesch. Stuttgart 2009.

Literatur

GEORGES, K. 1998: Ausführliches lateinisch-deutsches Handwörterbuch 2. Darmstadt, 8. Auflage 1998 (1918), Spalte 2079 (<http://www.zeno.org/nid/20002598787>) (19.08.2014).

JUNKELMANN, M. 1997: *Panis militaris*. Die

Ernährung des römischen Soldaten oder der Grundstoff der Macht. Kulturgeschichte der antiken Welt 75. Mainz 1997.

KUCERA, M. 2004: Das Experiment in der Archäologie. In: Experimentelle Archäologie in Europa. Bilanz 2004. Oldenburg 2005, 7-13.

WÄHREN, M., SCHNEIDER C. 1995: Die puls. Römischer Getreidebrei. Augster Museumshefte 14. Augst 1995.

<http://www.langenachtderforschung.at/>
(04.12.2014).

<http://diepuls.hypotheses.org/>
(17.06.2015).

Abbildungsnachweis

Abb. 1-8: © D. Hagmann

Autoren

Dominik Hagmann, BA

Alarich Langendorf, BA

Romina Weitlaner, BA

Institut für Klassische Archäologie

Franz-Klein-Gasse 1

1190 Wien

Österreich

dominik.hagmann@univie.ac.at

alarich.langendorf@gmail.com

rominaweitlaner@gmail.com

Die Bleikessel von Pompeji – Ein Experiment zur Färbetechnik

Sabine Ringenberg

Summary – The lead kettles of Pompeji from a technical perspective. *The interaction between the material of dyeing-vats and pigment or mordant is known from practical work in plant-dyes, but has so far not been documented. Dyeing-vats in historical plant-dyeing normally consist of iron or copper. An exception is the dyeing kettles of Pompeji, consisting of lead. In addition to the research being done on that find, the European Textile Forum carried out an experiment, showing the influence of the kettle material on the pigment.*

Die Wechselwirkung des Materials von Färbekesseln mit Farbstoff und Beize ist aus der praktischen Arbeit der Pflanzenfärberei bekannt, aber nicht dokumentiert. Färbekessel bestehen in der historischen Färberei gewöhnlich aus Eisen oder Kupfer. Eine Ausnahme hiervon sind die Färbekessel von Pompeji, die aus Blei gefertigt sind. Als Ergänzung zu einer Untersuchung dieses Fundes führte das Europäische Textilforum 2012 ein Experiment durch, das die Beeinflussung des Farbstoffes sichtbar macht.

Im Jahre 79 n. Chr. wurde die römische Stadt Pompeji durch einen Vulkanausbruch vollständig von Asche bedeckt und versank in Vergessenheit. Heute ist die Grabung in Pompeji sehr gut dokumentiert und bietet die Möglichkeit, nicht nur die Gegenstände des Alltags der Bewohner zu erforschen, sondern sie auch in ihrem Zusammenhang den Tätigkeiten und Produktionsmethoden zuzuordnen. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Färberviertel von Pompeji, das nicht nur über eine eigene Wasserversorgung verfügte, sondern auch eine große Zahl von Färbekes-

seln und der dazugehörigen Öfen aufweist. Mit diesen hat sich Heather Hopkins beschäftigt und zunächst den Versuch unternommen, anhand der Größe der gefundenen Kessel den Brennstoffbedarf sowie die möglichen Produktionsmengen der Färbereien zu rekonstruieren. Diese Arbeit stellte sie während des Textilforums 2009 vor (HOPKINS 2013).

Das Europäische Textilforum ist ein Podium für den Austausch von Informationen zwischen Archäologie und Handwerk und bietet den Teilnehmern die Möglichkeit, sich zu vernetzen. 2009 fand die Tagung zum ersten Mal im Openlucht Museum in Eindhoven statt und ist seit 2012 zu Gast im Labor für Experimentelle Archäologie in Mayen, das auch die Möglichkeit bietet, ein Labor zu nutzen.

Da die Kessel von Pompeji aus Blei bestehen und es sich dabei um ein für Kessel ungewöhnliches Material handelt, wurde in Mayen ein Experiment durchgeführt, das die chemische Interaktion von Kesselwand und den Färbeflüssigkeiten untersuchte.

Im Färberviertel von Pompeji fanden sich

40 Kessel unterschiedlicher Form und Größe mit einem Fassungsvermögen von 90 bis 900 Litern, alle aus Blei. Einige davon sind in ihren Befehungskammern erhalten. Hopkins untersuchte zunächst das physikalische Verhalten eines Bleikessels, der mit Wasser gefüllt erhitzt wird, da Blei mit 327,43 Grad Celsius einen niedrigeren Schmelzpunkt als Eisen oder Kupfer hat und sich so die Frage nach der Stabilität der Kesselwand stellte. Auch das Gewicht der unbefüllten Kessel war Gegenstand ihrer Forschung (HOPKINS 2008). Bleikessel stellen eine Besonderheit dar. Ein Kessel kann für verschiedene Arbeiten verwendet werden: Kochen, Färben, Salz sieden und einige mehr. In Pompeji ist die Verwendung der Kessel eindeutig, da sie im Färberviertel gefunden wurden. Warum aber bestanden sie aus Blei?

In der Fragestellung des Experiments spielte ein technischer Faktor eine große Rolle, denn obwohl der Einfluss der Kesselwand aus der praktischen Arbeit mit Pflanzenfarbe bekannt ist, spielt er in der Literatur keine Rolle und wurde auch niemals genauer untersucht. Da moderne Färber mit Edelstahl oder emaillierten Kesseln arbeiten, also „neutralen“ Kesseln ohne Einfluss auf die Färbungen, wird dieser Effekt auch in modernen Färbearbeitungen nicht behandelt. Für historische Arbeiten stand bisher allerdings kein neutraler Kessel zur Verfügung. Sowohl Kupfer als auch Eisen verändern einen gelben Farbstoff in den grünen Bereich. Ohne einen neutralen Kessel ist es nicht möglich, ein reines Gelb zu färben.

Wahl der Farbstoffe

Zwei Naturfarbstoffe sind für das erste Jahrhundert n. Chr. häufig nachweisbar: Rot, meist aus Krapp (*Rubia tinctoria*) gewonnen, und Gelb. Grundlage für die Materialauswahl für die Testreihen des Experiments waren die textilen Funde aus Ma-

sada und vom Hadrianswall (BENDER-JOERGENSEN, MANNERING 2001; KOREN 1994).

Für die Versuchsreihe über die Auswirkungen der Kesselwand aus Blei eignet sich besonders der gelbe Farbstoff, der leicht durch die Reaktion mit Metall während des Färbeprozesses beeinflusst wird und durch Eisen oder Kupfer deutlich verändert wird. Wandgemälde aus den Ruinen von Pompeji zeigen aber auch rein gelbe Gewänder, die von den Römerinnen zu festlichen Anlässen und als Brauttracht getragen wurden. Daher muss es den Färbern möglich gewesen sein, reines Gelb zu färben, was mit Eisen- oder Kupferkesseln nicht möglich ist, da damit ein grüner respektive bräunlicher Ton entsteht.

Für die Versuchsreihe Gelb wurden Blätter der *Betula alba*, der einheimischen Weißbirke, verwendet. Eine zweite Testreihe wurde mit Krapp aus Syrien durchgeführt. Beide Farbstoffe reagieren erfahrungsgemäß besonders empfindlich auf das Material der Kesselwand.

Die Frage der Reinigung

In der modernen Pflanzenfärberei ist es üblich, einen Kessel nach der Benutzung gründlich zu reinigen, um eine Reaktion durch Färbeflottenrückstände an der Kesselwand beim nächsten Farbzug zu vermeiden. Die Kessel, die in Pompeji gefunden wurden, sind in Form und Größe sehr unterschiedlich, manche davon sehr hoch und schmal, andere eher in der Form einer flachen Wanne. Ein Kessel, der in der Höhe der durchschnittlichen Größe eines Bewohners von Pompeji entspricht, kann an seinen Innenwänden nur sehr schwer gereinigt werden, so dass sich die Frage stellt, ob Bleikessel zwangsläufig gereinigt werden mussten, oder ob ein oxydierter – also ungereinigter – Kessel unter Umständen ein anderes Ergebnis liefert als ein gereinigter.

Diese Überlegung floss in den Aufbau des Experiments ein.

Die Testreihen

Gebeizt und gefärbt wurde in neutralen Gefäßen aus Laborglas, jeweils eine Referenzprobe und weitere Proben unter Zugabe von Metalltafeln aus Kupfer, Eisen, oxydiertem Blei und unoxydiertem Blei, jeweils 10 x 10 cm groß. Während des Beizvorgangs und des Färbvorgangs fanden regelmäßige Messungen des pH-Wertes statt, um eine etwaige Veränderung nachzuweisen. Eine Verschiebung des pH-Wertes im Vergleich zur Referenzprobe zeigt eine solche Reaktion an, die von der einzigen Variablen im Versuchsaufbau, den Metallzugaben, verursacht werden muss.

Je 80 m Garn aus maschinengesponnenen und zweifädig gezwirnter Wolle, Nm 15/2, wurde pro Probe verwendet.

Die Beize erfolgte für alle Proben mit 25 Prozent Alaun (Gewicht der trockenen Faser); die Garne wurden in der Beize für eine Stunde gekocht und dann über Nacht in der abgekühlten Flüssigkeit belassen.

Alaun, Aluminiumsulfat, ist wasserlöslich und zieht Wasser auch aus der Umgebungsluft an. Für den Transport mit Schiffen waren daher Amphoren nötig, die über eine besondere Form verfügen. Wasserdicht versiegelt wurde die Beize darin ins gesamte römische Reich verhandelt.

Das in Pompeji verwendete Alaun stammte aus Lipari, einer Mine, die für besonders reines Alaun bekannt war (BORGARD 2001).

Die Birkenblätter für die Färbeflotte wurden frisch geerntet, geschnitten und dann für eine Stunde ausgekocht. Danach wurden die Blätter entfernt. Anschließend wurden die Metallstücke und das am Vortag gebeizte Färbegut in den Farbsud eingelegt und wiederum eine Stunde lang kochend gefärbt.

Gemahlener Krapp wurde über Nacht ein-

geweicht und anschließend die gebeizte Wolle ohne vorheriges Erhitzen unter Zugabe der Metallproben gefärbt. Beide Farbstoffe, Birkenblätter und Krapp, wurden mit je 100 Prozent Fasergewicht (Trockengewicht) dosiert. Während der Färbungen wurden ebenfalls Messungen des pH-Wertes durchgeführt. *Tabelle 1* zeigt die Ergebnisse der Messungen.

Die Dokumentationsdaten des Färbexperimentes zeigen sehr deutliche Schwankungen des pH-Wertes im Verlauf der Beiz- und Färbeprozesse. Zudem zeigte sich ein höherer pH-Wert bei der Färbung mit Eisen als reaktivem Metall im Farbbad. Bei den Färbungen mit Kupfer und Blei mit blanker Oberfläche als reaktivem Metall zeigte sich eine Verbraunung der Farbe und gleichzeitig ein niedrigerer pH-Wert des Farbbades verglichen mit der Referenzfärbung. Die Probe mit oxydiertem Blei jedoch zeigte ein strahlendes Gelb und keinerlei Beeinflussung des Farbstoffes bei Krapprot. Zwar ist dieses Ergebnis auch bei der Probe mit unoxydiertem Blei zu beobachten, aber in schwächerer Form und mit nicht so strahlendem Ergebnis bei der Testreihe Gelb.

Die Probe mit oxydiertem Blei lieferte also ein neutrales Ergebnis und beeinflusste den gelben Farbstoff nicht in Richtung der Braun- oder Grünpalette.

Die pH-Werte für oxydiertes Blei liegen nahe an denen der Referenz. Weitere Untersuchungen sollten anhand einer Ionenmessung in den Flüssigkeiten nach der Färbung nachweisen können, dass Metallionen freigesetzt werden und für die Wechselwirkung mit dem Pflanzenfarbstoff verantwortlich sind.

Um eine Aussage über die Qualität einer Färbung mit Pflanzen zu machen, ist es nötig, diese auf Lichtechtheit zu überprüfen. Hierzu wird eine Probe des gefärbten Materials auf Karten gewickelt, die, zur Hälfte abgedeckt, für mindestens drei Monate in einem Südfenster der UV-Strahlung ausgesetzt werden. Der gelbe

	reference	lead oxidized	lead	copper	iron
wool weight dry before mordanting	11.3	11.1	11.1	10.3	10.3
alum added	2.8 g	2.8 g	2.8 g	2.6 g	2.6 g
pH with alum added	4.18 pH 19.7°C	4.16 pH 19.5°C	4.18 pH 19.5°C	4.18 pH 19.5°C	4.18 pH 19.6°C
pH before heating, wool and metal plates added	4.21 pH 20.2°C	4.18 pH 19.7°C	4.18 pH 19.7°C	4.19 pH 19.9°C	4.19 pH 20.0°C
pH after boiling	3.35 pH 84.7°C	3.37 pH 80.0°C	3.34 pH 78.7°C	3.36 pH 81.4°C	3.67 pH 77.8°C
pH after cooling	4.04 pH 23.2°C	4.05 pH 23.0°C	4.05 pH 23.0°C	4.06 pH 23.0°C	4.20 pH 22.9°C
madder weight	5.7 g	5.6 g	5.6 g	5.2 g	5.2 g
pH of madder before adding metal	7.24 pH 21.3°C	7.19 pH 21.3°C	7.14 pH 21.2°C	7.06 pH 21.5°C	7.17 pH 21.4°C
pH of madder after adding metal	7.23 pH 21.6°C	7.18 pH 21.2°C	7.12 pH 21.3°C	7.12 pH 21.3°C	7.17 pH 21.3°C
pH of madder while heating	6.45 pH 63.0°C	6.35 pH 65.8°C	6.35 pH 66.5°C	6.45 pH 67.7°C	6.40 pH 69.0°C
pH of madder pots after boiling	6.40 pH 80.9°C	6.32 pH 80.7°C	6.33 pH 82.7°C	6.44 pH 80.6°C	6.55 pH 78.2°C
pH of madder pots after one hour of cooling	6.71 pH 51.3°C	6.58 pH 50.4°C	6.55 pH 51.3°C	6.66 pH 50.6°C	6.78 pH 49.3°C

Tab. 1: Messungen des pH-Werts während Beize und Färbung mit Krapp (madder). – Measurements of pH during mordant and dye with madder.

Farbstoff der *Betula alba* gilt als nicht besonders lichtecht und wird auf der bei Färbern üblicherweise verwendeten Skala von 1 bis 8 lediglich mit 4 bewertet. Die Probe mit oxydiertem Blei zeigte gegenüber allen anderen in der Lichtechtheits-Prüfung im Anschluss an die Färbung eine deutliche Verbesserung des Wertes auf 5-6.

Bei den Proben mit Krapprot, deren Wert für diesen Test mit 7 eingestuft wird, war

dieser Effekt wegen der ohnehin hohen Lichtechtheit des Farbstoffs nicht in dieser Deutlichkeit zu beobachten; es waren aber bei beiden Proben mit Blei auch keine Verbraunungen oder eine sonstige Beeinflussung des Farbstoffs festzustellen. Der oxydierte Bleikessel verhielt sich also beiden Farbstoffen gegenüber neutral.

	reference	lead oxidized	lead	copper	iron
wool weight dry before mordanting	11.0	10.8	10.8	10.7	10.5
alum added	2.8 g	2.7 g	2.7 g	2.7 g	2.6 g
pH before heating	4.27 pH 19.4°C	4.23 pH 19.6°C	4.27 pH 19.5°C	4.25 pH 19.3°C	4.28 pH 19.4°C
pH before heating, wool and metal plates added	4.25 pH 20.0°C	4.25 pH 20.0°C	4.26 pH 19.8°C	4.25 pH 19.6°C	4.25 pH 19.7°C
pH while heating	3.56 pH 19.4°C	3.55 pH 19.6°C	3.54 pH 53.5°C	3.53 pH 54.2°C	3.54 pH 54.7°C
pH after boiling	3.30 pH 82.6°C	3.37 pH 82.6°C	3.35 pH 80.0°C	3.34 pH 80.3°C	3.61 pH 79.6°C
pH after cooling	4.20 pH 21.4°C	4.20 pH 21.3°C	4.20 pH 21.3°C	4.18 pH 21.4°C	4.30 pH 21.3°C
birch leaf weight	22.0 g	21.6 g	21.6 g	21.4 g	21.0 g
pH of birch before adding metal	7.00 pH 21.4°C	7.11 pH 21.5°C	6.85 pH 21.7°C	6.79 pH 22.3°C	7.10 pH 22.1°C
pH of birch after adding metal	7.01 pH 20.7°C	7.07 pH 20.7°C	6.99 pH 20.7°C	6.97 pH 20.9°C	7.08 pH 21.0°C
pH of birch while heating	5.98 pH 67.7°C	5.90 pH 69.2°C	5.83 pH 70.7°C	5.82 pH 71.4°C	5.89 pH 72.1°C
pH of birch pots after boiling	5.45 pH 78.2°C	5.47 pH 77.2°C	5.35 pH 74.8°C	5.36 pH 77.5°C	5.69 pH 75.2°C
pH of birch pots after one hour of cooling	5.53 pH 48.3°C	5.55 pH 46.5°C	5.41 pH 46.1°C	5.41 pH 46.1°C	5.72 pH 46.3°C

Tab. 2: Messungen des pH-Werts während Beize und Färbung mit Birkenblättern (birch leaf). – Measurements of pH during mordant and dye with birch leaves.

Schlussfolgerung

Bei allen technischen Fragen, die die Verwendung eines Bleikessels aufwirft (Gewicht, Stabilität, Gesundheitsschädlichkeit), hat das Experiment den färbetechnischen Vorteil des Materials herausgearbeitet. Es ist mit diesen Kesseln möglich, auch empfindliche Farben ohne eine Be-

einträchtigung der Leuchtkraft oder Verbraunung der Farbe zu färben. Darüber hinaus bietet die Färbung mit Bleikesseln eine erhöhte Lichtechtheit, was besonders deutlich bei den Proben mit oxydiertem Blei zu beobachten ist. Die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass die Färber von Pompeji diesen Effekt kannten und die Kessel daher nicht so gründlich gerei-

nigt wurden, dass die Oxydschicht beeinträchtigt wurde.

Weitere Untersuchungen sind notwendig, um die stattfindende Reaktion der Kesselwand mit der Flüssigkeit näher zu beleuchten. Die Anzahl der Metallionen in Beize und Farblösung im Verhältnis zu der Anzahl im verwendeten Wasser könnte beispielsweise die Intensität der Reaktion anzeigen.

Autorin
Sabine Ringenberg
Waldhaus 2
54472 Brauneberg
Deutschland
wollschmiede@gmx.de

Literatur

BENDER-JOERGENSEN, L., MANNERING, U. 2001: MonsClaudianus: Investigating Roman textiles in the desert. The Roman Textile Industry and its Influence. A Birthday Tribute to John Peter Wild. Oxford 2001, 1-11.

BORGARD, P. 2001: L'alun de l'Occident romain. Marseille 2001.

HOPKINS, H. J. 2008: Using experimental archaeology to answer the unanswerable: A case study using Roman dyeing. In: P. Cunningham, J. Heeb, R. Raardekooper (Eds.), Experiencing Archaeology by experiment. Proceedings from the Second Conference of Experimental Archaeology. Oxford 2008, 103-118.

HOPKINS, H. J. 2013: Reconstructing the dyeing industry of Pompeii through experimental archaeology: the challenges and rewards of a new approach. In: H. J. Hopkins (Ed.), Ancient Textiles, Modern Science. Proceedings of the first and second European Textile Forum. Oxford 2013, 119-133.

KOREN, Z. 1994: Analysis of the Masada Textile Dyes. In: A. Sheffer, H. Granger-Taylor (Eds.), Masada IV. The Yigael Yadin Excavations 1963-1965. Final Reports. Jerusalem 1994, 257-264.

Abbildungsnachweis

Tab. 1-2: S. Ringenberg

„... und, wenn es Dein Wachs vermöchte, male sie von Salbe duftend“ Über Wachsmalerei

Jan Hochbruck

Summary – “...and if the wax / be able let it breathe perfume”. Only painting with wax colours was considered “High Art” in Roman antiquity, this we know through numerous statements of ancient authors. Wax painting – encaustic –, however, was so completely forgotten that we can’t even recognize the painting tools when we dig them up. I decided to experiment based upon the findings of E. Berger (1904), the descriptions of Pliny the Elder and the painter’s studio scene on the Kertch Sarcophagus.

I found a solution of liquid dammar resin, beeswax and linseed oil in equal parts best for painting purposes; the solution needs various amounts of each ingredient depending on the pigment. The colours themselves cannot be mixed, but must be applied quickly with a hot spatula, which itself is clearly not the best painting tool. The paint hardens thoroughly within three weeks.

Anakreon tells a painter in his poem “The portrait of the beloved” (Ode XXVIII) how the picture should be executed, “and if your wax be able let it breathe perfume”. I stirred some rose oil into the wax paint in lieu of linseed oil and – the picture smells like roses ...

Nur Wachsmalerei ist hohe Kunst

Unter den Gedichten Anakreons (BERGER 1904, 181, Fußnote) ist eines, worin er einem Maler Anweisungen gibt, wie das Portrait der Geliebten anzufertigen sei: mit Wachs, selbstverständlich, und mit höchster Realitätsnähe: „duften“ sollen die Haare. Das Gedicht reiht sich ein in eine ganze Reihe von Zitaten und Redewendungen antiker Autoren (BERGER 1904, 185ff.) über „Wachs“, die nahelegen, dass nur diese Technik als „hohe Kunst“ angesehen wurde. „In Wachs gemalt“ steht als Inbegriff handwerklicher Kunstfertigkeit und Raffinesse da – ähnlich dem heute leicht verstaubten, Mitte

des 20. Jhs. gebräuchlichen „wie in Öl gemalt“ als beschreibendes Beispiel für ein vollendetes Arrangement.

Wachsmalerei (Enkaustik) und Ei-Öl-Malerei (Tempera) waren die weitestverbreiteten Maltechniken der Antike, was Tafelmalerei (Malen auf Holztafeln) anbelangt. Die billigere und anspruchslosere Tempera-Technik brachte es in der Antike nicht einmal zu einem eigenen Namen (die Autoren reden nur von „Auftrag mit Ei“; Plinius, Nat. Hist. Buch 33, Kap. 64; Buch 35, Kap. 26; Eraclius, Kap. 26; 31; 32), wohingegen ein Fachbegriff aus der Enkaustik noch im heutigen Sprachgebrauch auftaucht: „inuere“, „einbrennen“ (figurativ, z. B. ins Gedächtnis).

Natürlich gibt es auch andere Techniken, die „Einbrennen“ verwenden, Plinius d. Ä. hebt aber wörtlich auf diesen Begriff ab (Nat. Hist. Buch 35, Kap. 10; 39; 41).

Ausgangssituation

Heute versteht man unter Enkaustik ein relativ einfaches Verfahren, bei dem buntes heißes Wachs mit elektrisch beheizten Werkzeugen aufgetragen wird, dabei wird die Dicke des Farbauftrags für die überwiegend abstrakten oder expressionistischen Bilder in Kauf genommen und sogar angestrebt.

Die wichtigsten Forschungen zur antiken Maltechnik wurden Anfang des letzten Jahrhunderts von SCHMID (1926) und BERGER (1904) angestellt; erst vor kurzem wurde wieder verstärkt Grundlagenforschung zu dem Thema betrieben (VANDENABEELE U. A. 2000; CUNÍ ET AL 2012; GALLAGHER 2012). Das Problem der eindeutigen Identifikation der Enkaustik-Malwerkzeuge erschwert die Forschung nicht unbeträchtlich: Wie soll man etwas als Werkzeug identifizieren, wenn man nicht weiß, wie der Arbeitsablauf vonstatten ging? Es ist kaum wahrscheinlich, dass eine so weit verbreitete Sparte wie die der Kunstmalerei die minimale Menge Funde zurückließ, die eindeutig zuzuordnen ist. Vieles bewegt sich in der Interpretation als „Schminkutensilien“ oder „Medizintechnik“, was der Malerei zugeordnet werden kann.

Die Suche nach harten Fakten in den textlichen Quellen ist schwierig, erste Anlaufstelle für alle antiken Dinge, die „Wissen“ betreffen, ist natürlich Plinius der Ältere. Er widmete der Malerei immerhin ein ganzes Buch seiner Naturgeschichte: Darin liegt sein Hauptaugenmerk auf Tafelbildern, in geringerem Maße auch Fresken (z. B. Amulius, der Neros Domus Aura ausmalte und dem das Haus „Grab seiner Kunst“ wurde – einer der wenigen Fälle, in denen ein Fund

einem literarisch belegten Schöpfer zugeordnet werden konnte. Plinius, Nat. Hist. Buch 35, Kap. 37).

Viele handwerkliche Tricks waren Berufsgeheimnisse, sogar zwischen den Werkstätten. Was Plinius beschreibt, ist also limitiert durch das, was ihm berichtet wurde: die Mischungsbestandteile der Wachsfarbe, der ökonomische Wert der Pigmente (ein Faktor, den die Living History-Gemeinde heute immer noch nicht so recht versteht) und die Namen spezieller Instrumente zum Wachsfarbauftrag: Cestrum und Thermistra. Ach ja, und das „punische Wachs“: Es handelt sich definitiv um eine Politurpaste und keinesfalls um einen Firnis.

Meine eigenen Versuche

Was ich im Versuch, die antike Technik nachzuschöpfen, unternahm, basierte auf Plinius (Nat. Hist.), den Forschungsergebnissen Bergers (BERGER 1904) und dem Umstand, dass der „Sarkophag von

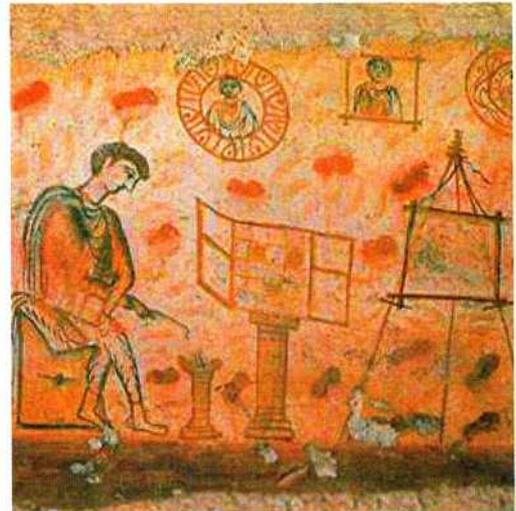


Abb. 1: Ausschnitt aus dem Malersarkophag von der Kertsch, Eremitage Museum St. Petersburg. – Image detail from the painter's sarcophagus found on the Kerch Peninsula, Eremitage St. Petersburg.

der Kertsch“ in der Eremitage St. Petersburg eine Malsituation zeigt, die eindeutig einen Maler darstellt, der ein Malinstrument über einem Feuer erhitzt, während hinter ihm ein setzkastenförmiger Kasten aufgeklappt ist (Abb. 1).

Diese eindeutigen Beschreibungen und Darstellungen diktiert relativ einfache Bedingungen für das Experiment: Wenn es nicht gelingt, mit den mit diesen Inhaltsstoffen nachgeschaffenen Farben in dieser Pose malen zu können, ist das Experiment nicht gelungen. Da sie auf diese Bedingungen nicht eingehen, sind einige der Lösungsvorschläge von BERGER (1904, 220ff., auch 230ff.), SCHMID (1926, 96) und GALLAGHER (2012, 22ff.) – und auch die einiger anderer Darsteller römischer Maler – ausgeschlossen.

Die ersten Versuche betrafen das Mischungsverhältnis des Bindemittels aus Wachs, Harz und Leinöl. Das Harz musste flüssig sein, dazu habe ich Dammar zerstoßen und in Terpentinöl aufgelöst. Ich habe fünf verschiedene Mischungsverhältnisse angesetzt, aber schon das erste – je ein Drittel Gewichtsanteil – hat sich so selbstverständlich als das beste erwiesen (Abb. 2). Die Ähnlichkeit zur gleichen Mischung bei Temperafarben ist so profiliert wie mit Ockams Rasiermesser geschnitzt.

Die Erzielung von Farbtönen weist auf eine grundlegend von der Tempera verschiedene Herangehensweise hin: die relativ klaren lokalen Farben der Mumienportraits legen nahe, dass in der Enkaustik nicht gemischt wird: Reine Farben werden nebeneinander aufgetragen. Diese wird durch die vielen Töpfe des Heddernheimer Malergrabs (Archäologisches Museum der Stadt Frankfurt; BACHMANN, CZYSZ 1977) unterstützt – und den Kasten, der auf dem Sarkophag von der Kertsch im Hintergrund steht. Außerdem ist es nicht möglich, die Farben so lange flüssig zu halten, dass sie sich tatsächlich mischen lassen. Ich habe mir auch einen

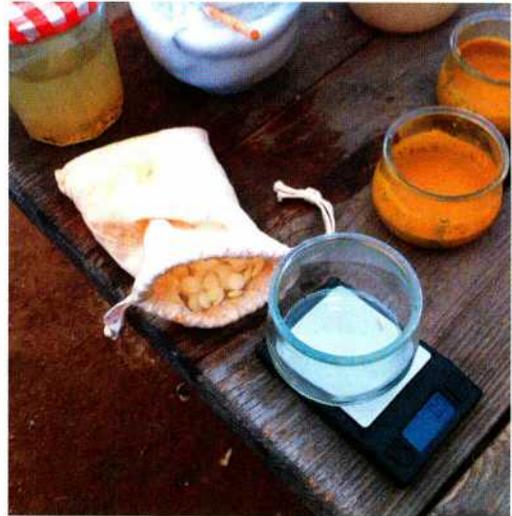


Abb. 2: Abwiegen der Zutaten Wachs, gelöstes Harz und Leinöl, rechts: Testmischungen. – Measuring beeswax, linseed oil and liquid resin, test samples on the right-hand side.



Abb. 3: Mein Farbkasten mit 16 lokalen Farben aus der Mumienportraitmalerei. – My paint box, containing 16 colours from mummy portraits.

Farbkasten à la Kertsch hergestellt und ihn mit Farben gefüllt (Abb. 3).

Die Pigmente wurden von dem Malmedium gut aufgenommen, mit verschiedenen Abstufungen der Einfüllmenge:



Abb. 4: Auftrag der Farbe mit dem Spatel.
– Applying paint with a spatula.

Umbrä benötigte eine Menge, Ocker sehr wenig Pigment, um eine dünn deckende Farbe zu erzeugen (Berger gab an, bei seinen Experimenten den Pigmenten unterschiedliche Mengen Öl, Wachs oder Harz zugegeben zu haben; BERGER 1904, 221).

Das eigentliche Handwerk

Der Auftrag der Farben mit den nicht dafür geschaffenen, aber am „nächsten liegenden“ Ölmalspateln ist schwierig und unangenehm, da der Spatel dabei „gekippt“ werden muss: entweder wird der ganze Spatel gedreht und die Farbe aufgestrichen oder die flüssige Farbe muss vom fast senkrecht gestellten Spatel herunterlaufen.

Beide Handhabungen geben relativ wenig Kontrolle über die Menge, die aufgetragen werden kann, es sei denn, man hat schon genau so viel Farbe aufgenommen, wie aufgetragen werden soll – ein überaus anstrengendes und schwieriges Verfahren (Abb. 4). In dieser Situation fiel mein Blick auf die Löffelsonden des „Malergrabs“ von St. Medard-des-Pres, welche BERGER (1904, 217) als die besten Auftraginstru-

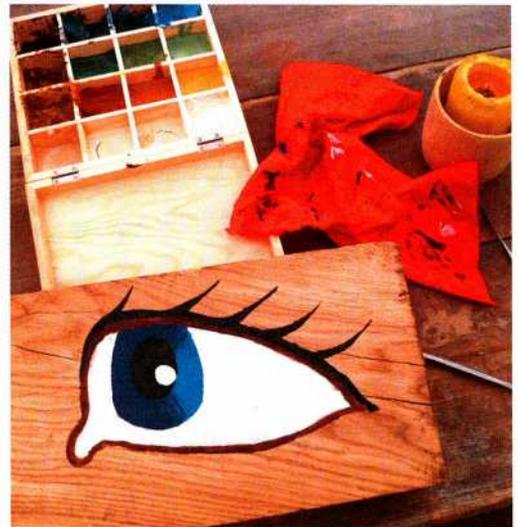


Abb. 5: Test: ein Schiffsauge. – Testing the paint: a ship's eye.

mente rühmt. Damit zu arbeiten, ist der nächste Schritt meiner Annäherung. Mein „Malen“ besteht im Auftragen, Verstreichen und Wegkratzen überschüssiger Farbe. Ist der erwünschte Effekt (halbwegs) erzielt, trage ich auch gerne mal etwas zu dick aufgetragene Farbe vorsichtig mit dem Spatel ab (Abb. 5). Die Farbe lässt sich auch ein Vierteljahr nach der Herstellung gut aus dem Farbkasten aufnehmen, aufwärmen und verarbeiten, sie stockt innerhalb weniger Sekunden, lässt sich mit einem warmen Spatel formen und härtet innerhalb von drei Wochen vollkommen aus, wobei sie natürlich weiterhin empfindlich gegenüber Kratzern bleibt. Nichtsdestotrotz geht die Berührungsempfindlichkeit, die bei Wachs besteht, verloren; die aufgetragene Farbe verharzt und wird solide. Das findet unter Lufteinwirkung statt, Sonne ist nicht notwendig.

Natürlich lässt sich die Farbe in der Wärme besser verarbeiten als in der Kälte, ich halte es aber nicht für angemessen zu behaupten, Wachsmalerei habe nur in den klimatisch wärmeren Mittelmeerregionen stattfinden können.

Es ist eindeutig klar, dass diese „Feinma-

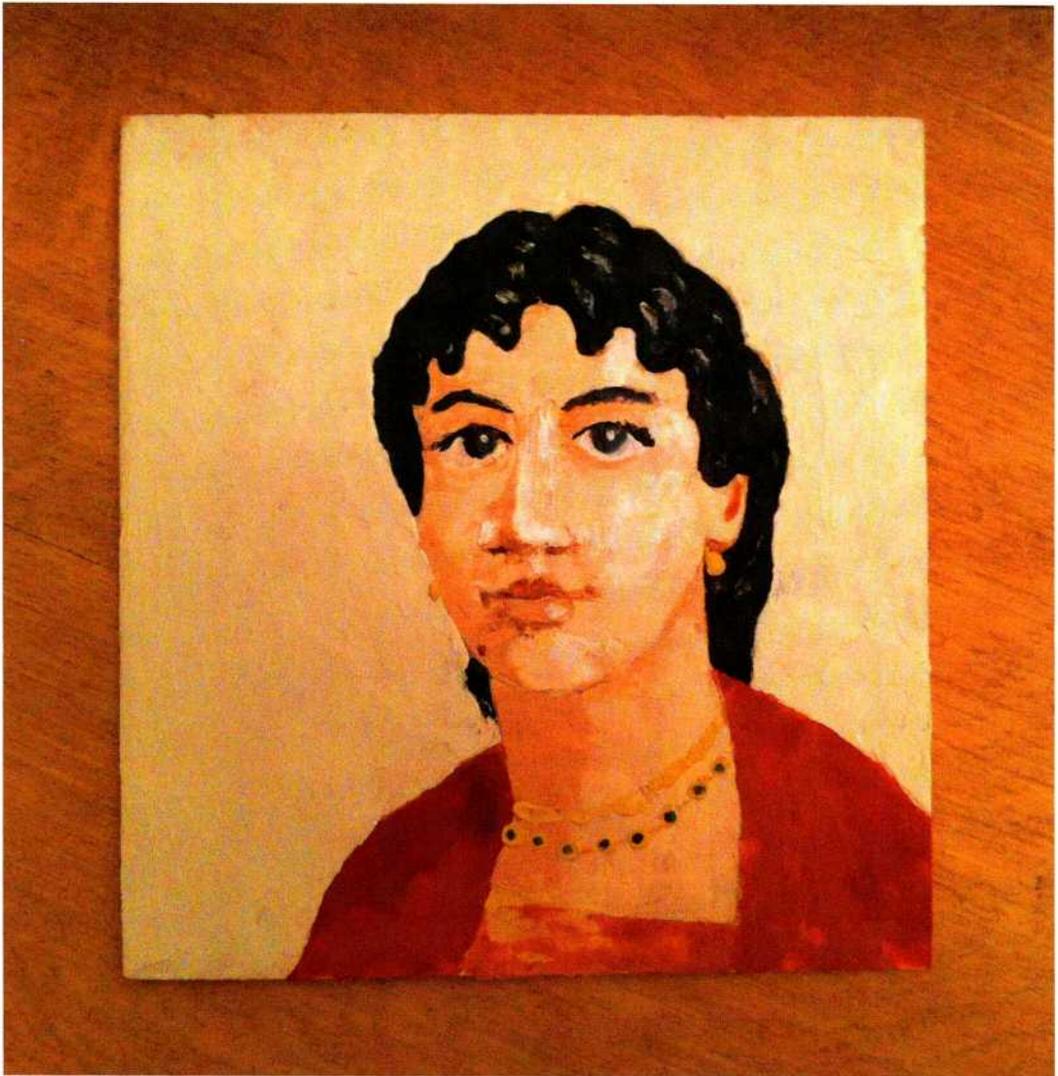


Abb. 6: Das duftende Bildnis von „Anakreons Geliebter“. – The odorous portrait of „Anakreon’s beloved“.

lerei“ nicht zu vergleichen ist mit den Schiffsanstrichen, von denen Plinius (Nat. Hist. Buch 35, Kap. 41) berichtet; das bezieht sich gleichermaßen auf die Kosten, die Härtungsdauer und die Verarbeitungstechnik (Plinius schreibt von „Pinselstrich“ und „Bottichen mit heißer Farbe“; aus der neuen Perspektive kann man das offensichtlich im Gegensatz zur Kunstmaltechnik sehen). Es ist schade, dass bei den zahlreichen Rekonstruktionen antiker Flusskampfschiffe dieser Aspekt

stets zugunsten moderner Holzfirnisse geopfert wurde.

Eigentlich wollte ich ja mit dem Zitat von Anakreon „...und wenn es Dein Wachs vermöchte / male sie von Salbe duftend“ nur eine griffige Überschrift für meinen Vortrag auf der EXAR-Tagung Anfang Oktober 2014 finden. Dann kam eine Überlegung: Kann ich Duftöle in die Wachsfarbe mischen und die samt-schwarzen Haare von Anakreons Geliebter wirklich „von Salbe duften“ lassen? Ich

habe es ausprobiert, ein Schwarz angemischt, bei dem ich die Hälfte des Leinöls durch Rosenöl ersetzt habe.

Es hat funktioniert, das Bild (*Abb. 6*) – angefertigt am 12. September 2014 – duftete in der ersten Woche intensiv, mittlerweile nur noch zart nach Rosenöl. Das ist fast so kitschig wie die Schnulzen Anakreons, aber nicht von der Hand zu weisen.

Quellen

Anacreon, *Anacreontea* 95, Ode XXVIII „The portrait of his mistress“. Digitized version of *The Anacreontea and Principal Remains of Anacreon of Teos*, in English Verse. With an Essay, Notes, and Additional Poems by Judson France Davidson. London, Toronto 1963. http://archive.org/stream/anacreonteaaprinc00anacuoft/anacreonteaaprinc00anacuoft_djvu.txt (aufgerufen 2/2015).

Eraclius, *De artis et coloribus romanorum*. Übersetzung von Albert Ilg. Wien 1873.

Plinius, *Naturalis Historia*. Übersetzung von G. C. Wittstein. Leipzig 1881.

Vitruv, *De architectura libri decem*. Übersetzung von Franz Reber. Berlin 1908.

Literatur

BACHMANN, H.-G., CZYSZ, W. 1977: Das Grab eines römischen Malers aus Nida-Hedderheim. *Germania* 55, 1977, 85-107.

BERGER, E. 1904: Die Maltechnik des Altertums. München 1904.

CUNÍ, J., ET AL. 2012: Characterization of the binding medium used in Roman encaustic paintings on wall and wood. In: *Analytical Methods*. Royal Society of Chemistry 2012, 659-669.

GALLAGHER, K. 2012: Encaustic history, technique, and curation. Raleigh 2012.

LING, R. 1991: Roman Painting. Cambridge 1991.

Lovos, L. 1988: Die Technik der Malerei. Hanau 1988.

SCHMID, H. 1926: Enkaustik und Fresko. München 1926.

VANDENABEELE, P., U. A. 2000: Analysis with micro-Raman spectroscopy of natural organic binding media and varnishes used in art. *Analytica Chimica Acta* 407, 2000, 261-274.

WEHLTE, K. 1967: Werkstoffe und Techniken der Malerei. Freiburg 1967.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Sailko (<http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Sailko>; <http://bit.ly/1A5jOIM>)

Abb. 2-6: J. Hochbruck

Autor

Jan Hochbruck

Bülowstr. 30

50733 Köln

Deutschland

www.janhochbruck.de/pictor

jan@janhochbruck.de

Das römische Glasofenprojekt im Archäologiepark Römische Villa Borg („Borg Furnace Project“) – Rekonstruktion und erste Betriebsphasen

Frank Wiesenberg

Summary – The experimental Roman glass furnace project in the Archaeological Park Roman Villa Borg (Borg Furnace Project). Glass furnace reconstruction and the first two firings. *Inspired by strong evidence for Roman glassworking in the Roman villa rustica of Perl-Borg, a reconstruction of a Roman style glass workshop was made in the summer of 2013. The local finds of furnace daub did not provide enough information for a reconstruction, so the glass furnace and the cooling oven (lehr) were based upon a very compact workshop layout from the ‘Hopfengarten’ excavation in Trier. The upper structures, such as shelves, working holes and dome, needed to be designed according to the “form follows function” principle, incorporating the dimensions of the Trier excavation and the dimensions of the desired glass pot size and working height. Only Roman roof tile fragments and local daub were used for the reconstruction. The first “test”-firing of one week at the end of September / beginning of October 2013 proved the general functionality of both kiln structures. The glass furnace was able to exceed temperatures of 1050°C, meaning glass of Roman recipe could be melted, and that even first-time glassblowers could blow glass vessels in front of the working holes. This first firing and the reconstruction were analysed and published (WIESENBERG 2014). Due to severe cracking, the furnace’s dome needed to be completely rebuilt in May / June 2014. The second firing was performed over 10 days of June 2014 in co-operation with the Archaeological Institute of Cologne University, and served as a research base for Mark Taylor & David Hill, assisted by François Arnaud. The main objective was to practise and film the operation of reconstructed moulds for Roman mould blown glass, especially those from the ENNION workshop. Publication of this project is in preparation. Future projects should also involve other universities, institutes, researchers and glassmakers to provide the infrastructure for their research on Roman glass technology, and teach archaeology students the basics of hot glass working. Also reconstruction of other Roman glass furnace layouts are planned. The next projects in the Villa Borg’s glass workshop are scheduled for May and October 2015 and involve the Institute of Ancient History of the Saarland University and the Glastag-Conference.*

Einleitung

Der Archäologiepark Römische Villa Borg umfasst den Wohnbereich einer längsaxi-

al angelegten römischen villa rustica, deren Wohnbereich samt Nebenflügel, Umfassungsmauer und Torhaus entsprechend ihrer maximalen Ausbaustufe Ende

des 2. Jh. n. Chr. rekonstruiert wurde. Neben mehreren römischen Ausbaustufen ist auch ein keltischer Vorgängerbau im Bereich des Hauptgebäudes dokumentiert. Die Ausgrabungen konzentrierten sich zuerst auf den Wohnbereich der Anlage. Erst ab 2005 wurde mit den Grabungen des zum Wirtschaftsbereich gehörenden Nebengebäudes 1 begonnen. Die Grabungen im Nebengebäude 2 dauern zurzeit an.

Während der Ausgrabungen im Bereich des Hauptgebäudes und des Umgangs kamen deutliche Indizien für eine römische Glasverarbeitung zutage. Es handelt sich insbesondere um eine Reihe weiß gebrannter Ofenlehmfragmente mit grünlichem Glasfluss (u. a. WIESENBERG 2014, 6, Abb. 1). Hierbei handelt es sich um eine dicke Schicht oder Anhaftung blaugrünlichen, so genannten naturfarbenen, Glases, die nicht natürlichen Ursprungs, sondern Beleg für eine Glasherstellung oder -verarbeitung vor Ort ist. Darüber hinaus fanden sich typische Abfälle einer Glashütte sowie ein annähernd würfelförmiges Rohglasfragment mit anhaftendem Ton (WIESENBERG 2014, 6, Abb. 2). Der

genaue Standort des Glasofens auf dem Areal der villa rustica ließ sich bislang nicht ermitteln. Auch die Ofenlehmfragmente boten keine ausreichenden Informationen für eine Rekonstruktion. Aufgrund der Fundsituation ist davon auszugehen, dass zu einer sehr frühen Ausbauphase dieser villa rustica ein Glasofen im Wohnbereich existiert hat. Trotzdem ist eine Glasverarbeitung im Wirtschaftsbereich momentan noch nicht auszuschließen.

Diese Funde waren der Anlass, im Sommer 2013 im Wirtschaftsareal der Villa Borg eine voll funktionsfähige Rekonstruktion einer Glashütte nach römischem Vorbild in Angriff zu nehmen, um dieses erstmals von den Römern in die dortige Region gebrachte Handwerk demonstrieren zu können.

Rekonstruktion von Glas-Schmelzofen und Kühllofen

Im Gegensatz zu vorherigen Glasofen-Experimenten in England (TAYLOR, HILL 2008) und Belgien (VAN DEN DRIES 2009; TAYLOR, HILL 2009) sollte die Glashütte

Glasofen "GO Borg 1"

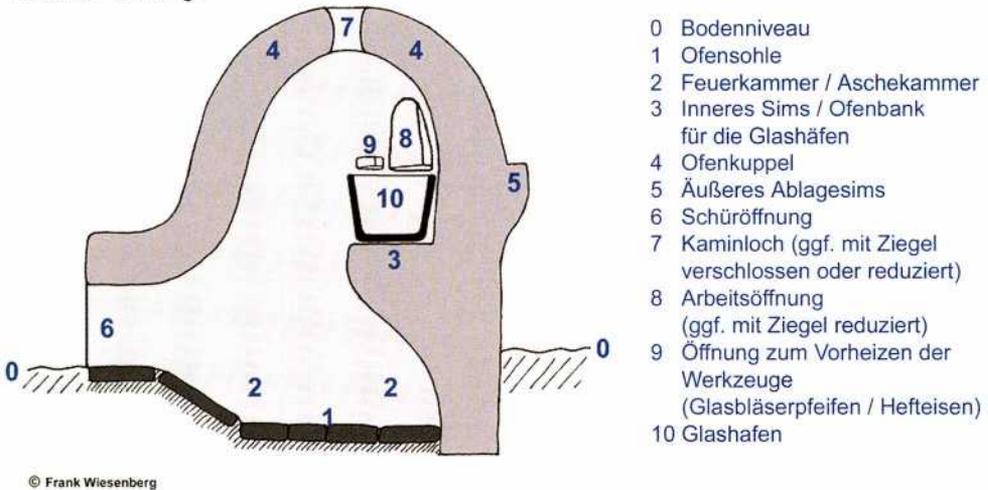


Abb. 1: Schnittzeichnung des Glas-Schmelzofens „GO-Borg 1“. – Cross-section drawing of the glass furnace "GO-Borg 1".

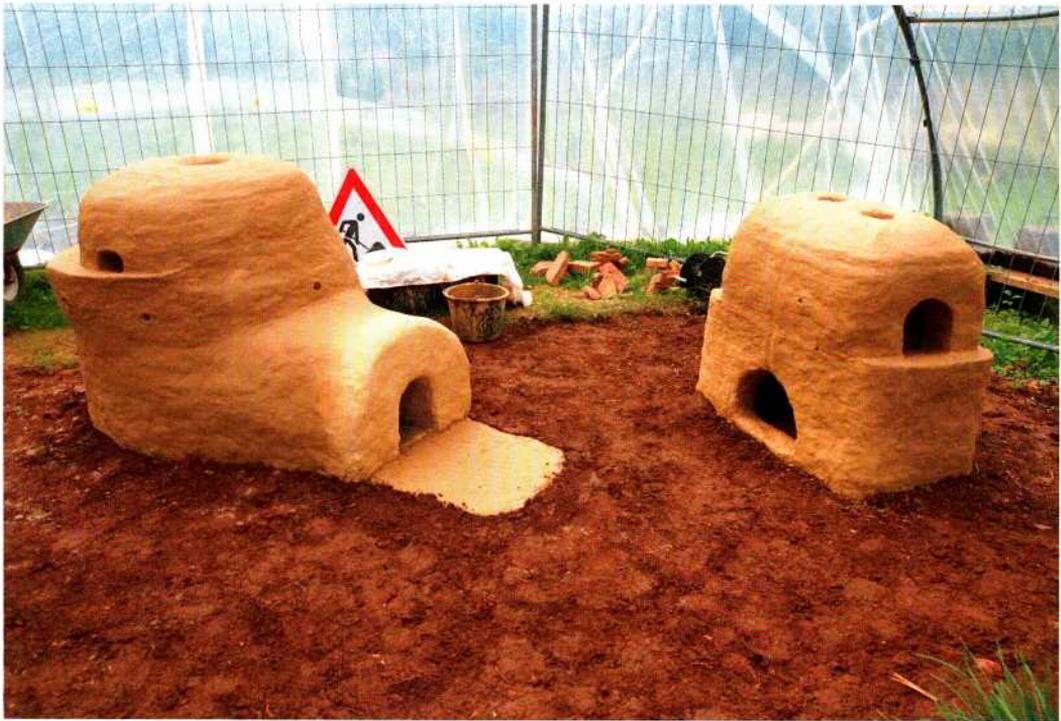


Abb. 2: „Römischer“ Glas-Schmelzofen „GO-Borg 1“ und Kühlofen „KO-Borg 1“ kurz vor ihrer Fertigstellung (20.09.2013). – Roman-style glass furnace “GO-Borg 1“ and lehr (cooling oven) „KO-Borg 1“ almost finished (20.09.2013).



Abb. 3: Glasmacher-Vorführungen während des BFP2013. – Glassmaker demos at the BFP2013.

möglichst exakt einem antiken Layout entsprechen. Da die lokalen Ofenlehm-funde nicht genügend Informationen für eine belastbare Rekonstruktion lieferten, wurden der Glas-Schmelzofen und der zum kontrollierten Abkühlen der Gläser nötige Kühlöfen nach einem Vorbild einer sehr kompakten Werkstatt aus Trier kon-

zipiert (PFAHL 2000 sowie WIESENBERG 2014, 12-17). Die gesamten aufgehenden Strukturen wie Ofenbänke, Arbeitsöffnungen und die Ofenkuppeln mussten funktionsorientiert rekonstruiert werden (Abb. 1-2). Hierbei wurden die von der Trierer Grabung vorgegebenen Dimensionen und die Abmessungen der zur Verfügung stehenden Glashäfen sowie die natürliche Arbeitshöhe der Glasmacher berücksichtigt (WIESENBERG 2014, 33-40).

Für den Bau der Öfen wurden ausschließlich römische Ziegelfragmente aus den Grabungen der Villa Borg und der vor Ort anstehende Lehm verwendet. Dieser wurde entsprechend den Fundstücken weder pflanzlich noch mit Sand gemagert (WIESENBERG 2014, 25), sondern lediglich gewässert und mehrfach von Hand durchgeknetet. Als provisorischer Schutzbau diente ein transparenter Folientunnel, dessen Gewächshaus-Klima für extreme

Trocknungsrisse im Lehm sorgte (WIESENBERG 2014, 43).

Der Probebetrieb: Das „Borg Furnace Project 2013“ (BFP2013)

Ende September, Anfang Oktober 2013 stellte ein einwöchiger Probebetrieb die grundsätzliche Funktionsfähigkeit beider Ofenstrukturen unter Beweis. Nach anfänglichen Problemen mit dem nicht lange genug abgelagerten Buchenholz erreichte der Glas-Schmelzofen Temperaturen von 1050°C (WIESENBERG 2014, 73), so dass nach römischer Rezeptur angemischtes Glas problemlos geschmolzen und verarbeitet werden konnte (Abb. 3). Selbst ungeübte Glasmacher waren in der Lage, zahlreiche Gefäße aus so genanntem naturfarbenem und kobaltblauem Glas herzustellen.

Der um 500°C operierende Kühllofen gewährleistete ein kontrolliertes Entspannen und Abkühlen der gefertigten Glasgefäße und überraschte mit einem sehr gleichmäßigen Temperaturverlauf über die gesamte Fläche der Gefäßkammer (WIESENBERG 2014, 77-78). Schon beim Probebetrieb zeigte sich, dass die Anlage der Glashütte zwar sehr kompakt, aber gleichzeitig sehr effektiv aufgebaut war. Beide Öfen konnten von nur einer Heizperson gleichzeitig betrieben werden.

Die Temperaturen und der Holzverbrauch beider Öfen wurden zur Auswertung im Stunden- bzw. Halbstundentakt aufgezeichnet. Beim Kühllofen wurden zwei direkte Messungen mit K-Thermosensoren mit einem Messbereich bis 1000°C und stündlich zwei indirekte Messungen des Gefäßkammerbodens mittels eines Infrarot-Laserpyrometers durchgeführt (WIESENBERG 2014, 94, Tab. 3). Von den bis zu sieben möglichen Messpunkten des Glas-Schmelzofens wurden gleichzeitig bis zu vier direkte Messungen mit K-Thermosensoren mit einem Messbereich bis 1250°C vorgenommen (WIESENBERG 2014, 90,



Abb. 4: Der neue Schutzbau der Glashütte im Archäologiepark Römische Villa Borg. – The new shelter for the glass workshop in the Archaeological Park Roman Villa Borg.



Abb. 5: Gravierende Risse in der Ofenkuppel nach dem BFP2013. – Severe cracks in the glass furnace dome after the BFP2013.

Tab. 2). Neben der direkt anschließenden Auswertung sollen die Temperatur- und Holzverbrauchsdaten zukünftig Vergleiche mit folgenden Projekten ermöglichen, bei denen im gleichen Ofen andere Holzsorten zur Verwendung kommen. Ebenso wurden vom Glasofen Holzkohlenproben für Lipid-Analysen gewonnen. Aufgrund der vollständigen Verbrennung der kleinen Holzscheite im Kühllofen bot sich hier keine Probenentnahme an. Neben dem nicht ausreichend abgelagerten Buchenholz zeigte sich auch beim Folientunnel-Schutzbau dringendes Optimierungspotenzial. Ein weiteres Problem war die äußerst dünne Personaldecke. Der Probebetrieb wurde gemeinsam mit der Rekon-



Abb. 6: Risse der Ofenbasis vom Glas-Schmelzofen „GO-Borg 1“ nach Abnahme der Ofenkuppel (18.04.2014). – Cracks in "GO-Borg 1"'s furnace base after dismantling the dome (18.04.2014).

struktion im Rahmen einer Bachelorarbeit ausgewertet und im April 2014 publiziert (WIESENBERG 2014).

Modifikationen im Frühjahr 2014

Der durch die Winterstürme komplett zerstörte Folientunnel-Schutzbau musste im Frühjahr 2014 ersetzt werden. Als dauerhaftere Lösung wurde ein acht mal sechs Meter messender Holz-Schutzbau errichtet (Abb. 4). Die für das Material benötigten Gelder steuerte der Förderkreis der Römischen Villa Borg bei. Der Bau wurde vollständig in Eigenleistung vorgenommen. Vier seitlich einhängbare Planen gewährleisten einen ordentlichen Schutz vor starken Winden und Schlagregen. Rückwärtig wurde der Schutzbau um ein Holzlager erweitert. Eine umlaufende Brüstung trennt den Werkbereich unmissverständlich vom Publikum und schützt die Schür-

öffnung des Glas-Schmelzofens vor seitlichem Wind. Als Wind- und Wetterschutz für den Kühllofen sowie als Abtrennung des Holzlagers wurde in den Schutzbau eine Rückwand eingezogen.

Die bereits während der Trocknung des Lehms entstandenen und während des Ofenprojekts im Oktober 2013 nur provisorisch geflickten, gravierenden Risse in der Ofenkuppel des Glas-Schmelzofens (Abb. 5) erforderten ein komplettes Abtragen der Ofenkuppel bis auf das Niveau des umlaufenden Ablagesimses (Abb. 6). Im Mai und Juni 2014 wurde die Ofenkuppel vollständig neu aufgebaut, wobei eine dritte Arbeitsöffnung hinzugefügt und die Vorheizöffnungen deutlich erweitert wurden. Die grundsätzliche Ofengeometrie wurde aber beibehalten. Schon während des Trocknens der Ofenkuppel erwies sich der neue Schutzbau als hilfreich, denn er bot genug Schatten und



Abb. 7: Ansetzen des Henkels am ENNION-Krug beim BFP2014. – Attaching the handle to the ENNION jug at the BFP2014.

somit gleichmäßigere Temperaturen als der Folientunnel. Die Trocknung des Lehms erfolgte also wesentlich gleichmäßiger und die Trocknungsrisse waren deswegen deutlich harmloser als zuvor. Zusätzlich zu den zwei vorhandenen Ofenstrukturen wurde ein kleiner Schachtofen aus Lehm als Prinzipstudie für einen Ofen zur Glasperlenherstellung errichtet, der wie auch der große Glasofen ohne Blasebalg betrieben werden soll. Während des folgenden Ofenprojekts verblieb die in großen Brocken abgetragene Ofenkuppel des Glasofens als Anschauungs- und Diskussionsobjekt im rückwärtigen Bereich der Glashütte.

„Feuer und Flamme für Glas“ – das „Borg Furnace Projekt 2014“ (BFP2014)

Vom 7. bis 15. Juni 2014 fand die zweite Betriebsphase der Glashütte in der Villa Borg statt, die als experimentalarchäologisches Blockseminar „Feuer und Flam-

me für Glas“ des Archäologischen Instituts der Universität zu Köln durchgeführt wurde. Dies sicherte nicht nur die zum pausenlosen Betrieb des Glasofens nötige Personaldecke, sondern ermöglichte auch Archäologiestudenten ein erstes Kennenlernen der heißen Glasbearbeitung.

Das „Borg Furnace Project 2014“ (BFP2014) sollte formgeblasenes Glas nach römischem Vorbild als Grundthema behandeln und insbesondere den Forschungen der ROMAN GLASSMAKERS Mark Taylor & David Hill zu formgeblasenen Gefäßen aus der Werkstatt des ENNION Raum bieten. Dringender Anlass waren die anstehenden Sonderausstellungen „ENNION, Roman Master of Glass“ im Metropolitan Museum of Arts (9.12.2014 bis 13.04.2015) und „ENNION and His Legacy: Mold-Blown Glass from Ancient Rome“ im Corning Museum of Glass (6.05.2015 bis 4.01.2016), für die Foto- sowie Videodokumentationen der



Abb. 8: Nach fast 2000 Jahren wieder lieferbar: der ENNION-Krug. – Now again in stock after about 2000 years: The ENNION jug.

Herstellung von formgeblasenen Gläsern erforderlich waren.

Ein besonderes Highlight war die erstmals erfolgreich in der mutmaßlichen Originaltechnik durchgeführte Rekonstruktion eines Einhenkelkruges aus der Werkstatt des ENNION (Abb. 7-8), für dessen komplexe Fertigung aus drei- und vierteiligen Formen ein simultanes Arbeiten von zwei Glasmachern und zwei Assistenten erforderlich war. Hierfür konnte als zweiter Glasmacher François Arnaud vom französischen Atelier *PiVerre* gewonnen werden. Für die Rekonstruktion der keramischen Glasformen zeichnet David Hill verantwortlich.

Neben einem halben Dutzend verschiedener in Keramikformen geblasener (Abb. 9) Krüge, Zweihenkelbecher (Abb. 10), Zirkusbecher und kopfförmiger Balsamari-

en wurden viele Gefäße frei geblasen. Angeregt durch die Bearbeiterin des Gräberfeldes Schwarzerden, Dr. Inken Vogt, wurden auch aktuelle römische Glasfunde aus diesem Fundkomplex von Mark Taylor und François Arnaud thematisiert, darunter konische Becher, so genannte Sturzbecher, und Schlangenfadengläser. Während Erstere fast perfekt Vorbildgetreu gelangen, zeigten Letztere noch nicht die Zartheit ihrer Vorbilder. Aber sie waren als Studienobjekte für die Diskussion ihrer Herstellungstechnik bestens geeignet, wie eine Inaugenscheinnahme des Originals in der Restaurierungswerkstatt der Bodendenkmalpflege des Landesdenkmalamtes des Saarlandes kurze Zeit später offenbarte. Gerade zum Thema Schlangenfadenglas fehlen noch intensive Studien.

François Arnaud und Mark Taylor nutzten während des BFP2014 nicht nur den Glasofen, sondern modifizierten die Prinzipstudie des zur Glasperlenherstellung gedachten Miniatur-Schachtofens aus Lehm zur Demonstration der Fertigung kleiner tränenförmiger Glasfläschchen mittels kurzer Glasröhrchen, einer aus der Mitte des 1. Jahrhunderts v. Chr. aus Jerusalem bekannten Vorform der Glasblasetechnik (ISRAELI 1991).

Während dieser Betriebsphase kamen mehrere Holzsorten, entweder sortenrein oder zu gleichen Teilen, zum Einsatz. Leider nur mäßig abgelagerte Birke bildete den Hauptteil, hinzu kamen Buche und wenige Scheite Lärche vom letztjährigen Ofenprojekt sowie vom Schutzbau stammende und somit sehr trockene Nadelholzabschnitte.

Auch bei diesem Projekt wurden die Brennholzmengen und Temperaturen des Glas-Schmelzofens zur weiteren Auswertung stündlich und beim Kühllofen halbstündlich aufgezeichnet. Beim Kühllofen wurden wie zuvor kontinuierlich zwei direkte Messungen mit K-Thermosensoren mit einem Messbereich bis 1000°C und in



Abb. 9: Einblasen in die Tonform eines ENNION-Bechers beim BFP2014. – Blowing a ENNION beaker in a ceramic mould at the BFP2014.

Halbstundenintervallen zwei indirekte Messungen des Gefäßkammerbodens mittels eines Infrarot-Laserpyrometers vorgenommen. Am Glas-Schmelzofen kamen simultan bis zu sechs K-Thermosensoren mit einem Messbereich bis 1250°C zum Einsatz. Zur besseren Beurteilung der Temperaturverteilung im Ofen und des Einflusses der Position der Glashäfen selbst lagen die Messpunkte in Höhe der Glashäfen rings im Ofenraum verteilt.

Wie schon beim BFP2013 so war auch bei diesem Ofenprojekt eine Differenz zwischen der direkten und indirekten Temperaturmessung am Kühllofen feststellbar. Nach Abdichtung der Bohrung für die Sensoren fiel diese weniger gravierend aus als zuvor. Um Überhitzungsschäden zu vermeiden, wurde der stets höhere Messwert des Infrarot-Laserpyrometers als Bezugswert für den Betrieb des Kühllofens genommen. Höhere Spannungen in den Gefäßen wurden so zu-

nächst in Kauf genommen. Dass die bei diesem Projekt gefertigten Gläser später problemlos schleifend bearbeitet werden konnten, stellte die weitgehende Spannungsfreiheit der Gefäße unter Beweis und bestätigte im Nachhinein die Richtigkeit dieser Entscheidung.

Durch die im Vergleich zum Testbetrieb im Oktober 2013 (BFP2013) nun fast vervierfachte Personaldecke konnten beim BFP2014 die Heizer-Schichten am Glasofen deutlich verträglicher gestaltet werden: Sie wurden von acht auf vier Stunden reduziert und mit je zwei Personen besetzt. Hierdurch verloren insbesondere die Nachtschichten ihren Schrecken. Wie zuvor, so überstand der Kühllofen auch dieses Projekt unbeschadet. Beim Glasofen zahlte sich der Neuaufbau der Ofenkuppel aus: Sie neigte insgesamt deutlich weniger zu Rissen und so wird der Glasofen – wie auch der Kühllofen – ohne gravierende Ausbesserungsarbeiten für wei-



Abb. 10: Der ENNION-Becher nach Absprengen der Oberkappe. Der Rand kann noch schleifend bearbeitet werden. – The ENNION beaker after cracking off the top. The rim may be ground.

tere Projekte zur Verfügung stehen. Der neu konzipierte Schutzbau trug mit seiner fast idealen Aufteilung und dem rückwärtig angebauten Holzlager wesentlich zur angenehmen Arbeitsatmosphäre in der Glashütte bei. Durch die variabel einsetzbaren Seitenplanen und mobil eingesetzte Halogen-Scheinwerfer waren die Lichtverhältnisse für die Film- und Fotoaufnahmen ideal anpassbar. Gerade während der letzten Projektstage zeigte sich auch ein großer Vorteil der vier umhängbaren Planen, denn ohne sie wären die Vorführungen am Glasofen bei dem stark böigen Wind für die Glasmacher nicht realisierbar gewesen. Eine detaillierte Publikation des BFP2014 ist im Rahmen der Publikationsreihe ARCHEOglas des Archäologieparks Römische Villa Borg in Vorbereitung.

Konzept der „Borg Furnace Projects“

Mit der funktionsfähigen Rekonstruktion einer Glashütte wurde im Archäologiepark Römische Villa Borg in mehrfacher Hinsicht Neuland betreten: Mindestens einmal jährlich sollen Glasofenprojekte durchgeführt werden, die verschiedenen Universitäten, Institutionen, Forschern und Glasmachern die Infrastruktur für Forschungen zur römischen Glastechnologie bieten. Durch die so weit wie mög-

lich einer antiken Glashütte angenäherte Arbeitsumgebung besteht hier die europaweit einmalige Möglichkeit, Herstellungstheorien realitätsnah zu überprüfen und publikationsreif zu dokumentieren.

Kooperations-Seminare liefen bzw. sind in Planung mit dem Archäologischen Institut der Universität zu Köln (BFP2014) sowie dem Institut für Alte Geschichte der Universität des Saarlandes (BFP2015). Den Studenten ermöglichen solche Projekte eine grundlegende Einführung in die heiße Glasbearbeitung, was im Rahmen der üblichen universitären Ausbildung sonst nicht möglich ist.

Entsprechend der Zielsetzung eines archäologischen Parks können alle Projekte publikumsoffen durchgeführt werden. Darüber hinaus wurden mit der vom Archäologiepark Römische Villa Borg initiierten Publikationsreihe ARCHEOglas und den Webseiten www.glasrepliken.de und www.glasofenexperiment.de Strukturen zur zeitnahen medialen Inwertsetzung geschaffen.

Ausblick

Da der momentan rekonstruierte Glas-Schmelzofen aufgrund seiner Größe nur ein geringes Fassungsvermögen hat und für einige spezielle Fertigungstechniken nicht geeignet ist, sind über die bestehende Glashütte hinaus weitere Rekonstruktionen anderer römischer Glasofengrundrisse in Planung. Ebenso wären ein Töpferofen und eine ortsfeste Schmiedewerkstatt sinnvolle Erweiterungen zur lokalen Herstellung der in der Glashütte benötigten Kleinteile wie Ofentüren, Ziegel, Reduzierringe für die Arbeitsöffnungen und spezielle Glasmacher-Werkzeuge. Bereits im Frühjahr 2015 soll die bestehende Glashütte um einen weiteren Kühlöfen ergänzt werden.

Die nächsten Projekte in der Glashütte der Villa Borg sind für den Mai und Oktober 2015 angesetzt. Das für den 28. bis

31. Mai 2015 geplante „Borg Furnace Project 2015“ (BFP2015) wird als experimentalarchäologisches Blockseminar in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Alte Geschichte der Universität des Saarlandes durchgeführt. Vom 16. bis 18. Oktober 2015 umrahmt ein weiteres Glasofenprojekt das „Glastag“-Kolloquium und bietet so Glasspezialisten die Möglichkeit, ausgewählte Themen des Kolloquiums live am Glasofen zu diskutieren und auszuprobieren. Durch das diesjährige Glasofenprojekt angeregt könnte Schlangenfängerglas ein zukünftiger Forschungsgegenstand sein, aber auch Mosaikglas – wie die hellenistischen und römischen Rippenschalen – oder auch einfaches Fensterglas verdienen noch intensive Projekte unter den realitätsnahen Bedingungen der römischen Glashütte im Archäologiepark Römische Villa Borg. Das Glasofenprojekt des Archäologieparks Römische Villa Borg soll auch zukünftig weiteren externen Kooperationspartnern zur Verfügung stehen und die Infrastruktur zur Erforschung offener Fragestellungen zur antiken Glastechnik bieten.

Literatur

DRIES, F. M. A. van den 2009: The Roman Glass Furnaces at Velzeke. Tilburg 2009.

ISRAELI, Y. 1991: The Invention of Blowing. In: M. Newby, K. Painter (Hrsg.), Roman Glass. Two Centuries of Art and Invention. London 1991.

PFAHL, St. 2000: Die Ausgrabung Trier „Hopfengarten“. Wasserversorgung und Glasherstellung in einem „Handwerker-viertel“ der römischen Stadt. Funde und Ausgrabungen im Bezirk Trier 32, 2000, 43-58.

TAYLOR, M., HILL, D. 2008: Experiments in the Reconstruction of Roman Wood-Fired Furnaces. Journal of Glass Studies 50, 2008, 249-270.

TAYLOR, M., HILL, D. 2009: Thoughts on the Velzeke Furnace, part 1, November 2008. In: F. M. A. van den Dries, The Roman Glass Furnaces at Velzeke. Tilburg 2009, 24-25.

WIESENBERG, F. 2014: Experimentelle Archäologie: Römische Glasöfen. Rekonstruktion und Betrieb einer Glashütte nach römischem Vorbild in der Villa Borg. Borg Furnace Project 2013. Schriften des Archäologieparks Römische Villa Borg 6 = ARCHEOglas 2. Merzig 2014.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-2, 4-6: F. Wiesenberg

Abb. 3, 7-10: M. Arz

Autor

Frank Wiesenberg

Stammheimer Str. 135

50735 Köln

Deutschland

info@glasrepliken.de

www.glasrepliken.de

www.glasofenexperiment.de

Die Lusoria Rhenana als Forschungsgegenstand innerhalb spätantiker römischer Grenzverteidigung an den germanischen Provinzgrenzen

Arne Döpke

Summary – The reconstruction of a battleship – understanding strategic changes at Roman riverine frontiers in Late Antiquity. Historical and archaeological research concerning the Roman patrol boat *lusoria* recently showed the rise of one particular type of vessel during the 3rd century AD as the centerpiece of a new protective demand that arose from continuous pressure admitted on the frontiers by neighboring peoples. New practical and economical means had to be found in order to react to the rising threat, thus enabling the Roman troops to rely more heavily on their provincial fleets. Those ships had to cater to several crucial needs regarding building times, maneuverability or the nautical (dis)abilities of their local crews.

Using highly exact means of acquiring all necessary data materials, the reconstructed *lusoria Rhenana* (Germersheim 2010) was extensively tested with respect to every relevant aspect of her capacities during several weeks of trials in 2011/13. Additionally, the physical demands for the crews were recorded by researchers from the Westfälische Wilhelms-Universität Münster in order to form a new basis for the power-speed-ratio calculation. Since very recently the existence of a 3D-model has opened up a new method for measuring all the boat's movements as well as its resistance in the water. A smaller version of the *lusoria*, printed and analyzed under close scrutiny in a wind channel, has been worked on since 2013. These different analytical angles lead to a core element of the present research, which is to be able to simulate most of the ship's movements. Completing the analysis via these different angles is to create a scientific tool which may enable us to have a closer look at maritime activities during the Roman Empire.

In der Mainzer Löhrrstraße wurde in der Baugrube des Hotelkomplex Hilton II in der Nacht vom 8. auf den 9. November 1981 das erste der Mainzer Römerschiffe entdeckt (RUPPRECHT 1984³, 15). Die äußeren Umstände – einbrechender Winter, Behinderung des Bauvorhabens – zwangen alle an der Ausgrabung Beteiligten zur Eile. Hastig und mit einigen Verlusten

wurden fünf Schiffe geborgen, die in der Forschung zur römischen Geschichte der germanischen Provinzen und der Rheingegend eine außergewöhnliche Bedeutung erhalten sollten. Die Funde sind von derartig guter Beschaffenheit, dass sie nach der Gründung des Forschungsbereichs „Antike Schifffahrt“ des Römisch-Germanischen Zentralmuseums 1988 zu

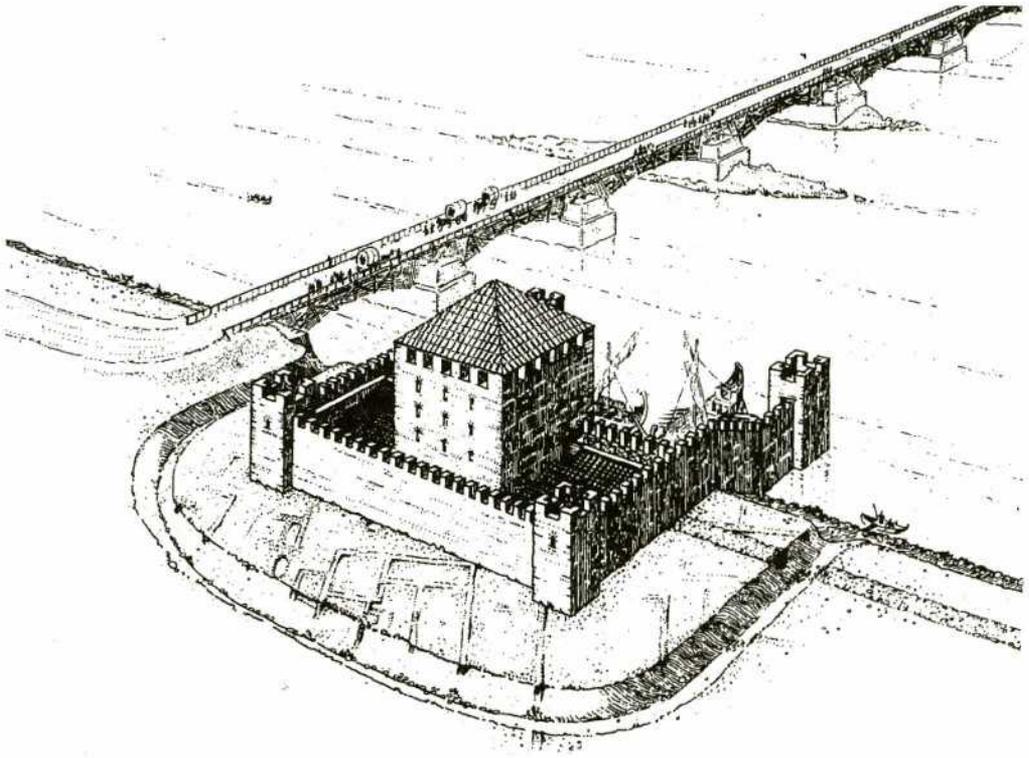


Abb. 1: Ländeburgus von Ladenburg, Kreis Mannheim, Rekonstruktion (nach Berndmark Heukemes). – Ländeburgus of Ladenburg, Kreis Mannheim, reconstruction (after Berndmark Heukemes).

einem Herzstück der ständigen Ausstellung wurden. Gleichzeitig bilden sie die Grundlage für zwei Rekonstruktionen im Originalmaßstab, die in den vergangenen Jahren realisiert wurden (FERKEL, KONEN, SCHÄFER 2004; SCHÄFER 2008). Der jüngere der beiden Nachbauten, die Lusoria Rhenana, stellt dabei die nach wissenschaftlichem Stand exakten Dimensionen des spätantiken Flussschiffs dar (BOCKIUS 2006).

Warum der Schiffstyp der Lusorien und damit die Mainzer Wrackfunde derartige Aufmerksamkeit verdienen, wird ersichtlich, sobald die spätantike militärische Situation des römischen Imperiums an den germanischen Provinzgrenzen im Forschungsfokus steht. Nachdem im Verlauf des 3. nachchristlichen Jahrhunderts die Einheit des Reiches einer mehrere Jahr-

zehnte dauernden Zerreißprobe ausgesetzt war und die Grenzen besonders an den Flüssen Rhein und Donau beständig durch Einfälle feindlicher Verbände bedroht wurden, konnte nur eine strategische Anpassung die Situation entschärfen (SCHÄFER 2008, 14). Wo es nicht mehr möglich war, eine dauerhaft gesicherte Grenzlinie aufrecht zu erhalten, musste ein neues, effizientes Wachsystem etabliert werden, das mit geringerem Aufwand und schmalere Personalbestand ausreichend effektiven Schutz versprach. Die theoretische Grundlage zur spätantiken Grenzverteidigung stellt das Modell der schnellen Einsatzgruppen in Form von Lusorien-Flottillen entlang des Rheins dar. Stationiert in Kleingruppen innerhalb der schützenden Mauern von Ländeburgi (Abb. 1), konnten von dort Schiffe auf der

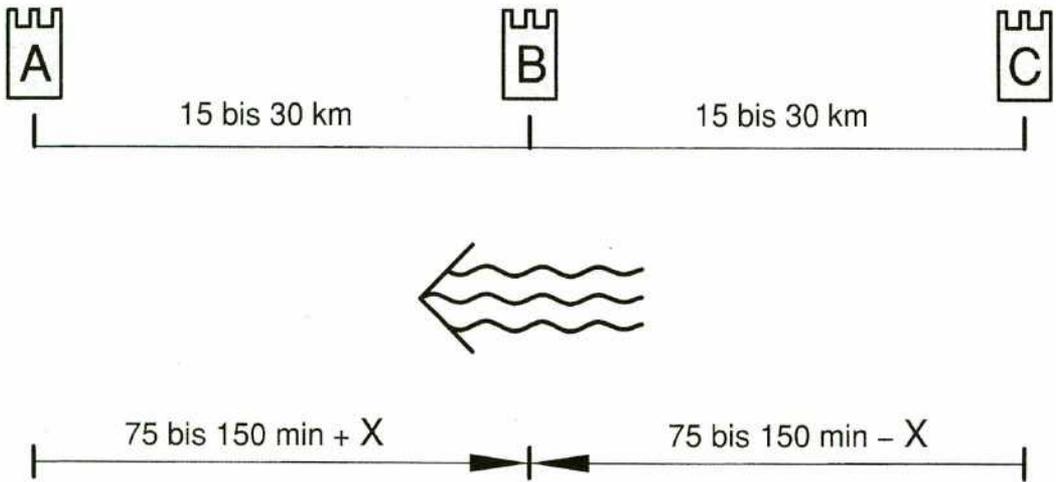


Abb. 2: Theoretischer Zeitbedarf für die Fahrt über definierte Strecken. – Theoretical travel time for defined distances.



Abb. 3: Bodenwrangen: Querverstrebungen im Schiffsinneren. – Bodenwrangen: cross sections inside the ship.

Flussgrenze patrouillieren, wodurch nicht nur eine schlagkräftige Truppe im Einsatz war, sondern gleichzeitig eine dichte Mel-

dekette aufrecht erhalten werden konnte. Die Entfernung zwischen den stark befestigten Flusskastellen variierte je nach geographischer Gegebenheit zwischen 15 und 30 km – eine Strecke (Abb. 2), die mit einer trainierten Rudermannschaft innerhalb weniger Stunden zu bewältigen war (Bockius 2006, 213).

Einzelne, im archäologischen Befund nachgewiesene Bauelemente bilden ein Kernelement für die strategische Einordnung der Lusoriae innerhalb der römischen Grenzsicherung. Die segmentierten Querstabilisatoren im Schiffsinneren, bestehend aus Bodenwrangen und Auflagern, zeugen davon, dass aus teilweise minderwertigem Baumaterial ein funktionelles Schiff konstruiert werden konnte (Schäfer 2008, 25). Es fanden sich hier nicht etwa gewachsene Krummhölzer, um der bauchigen Beplankung Festigkeit zu verleihen, vielmehr sorgte die Masse der Teilspanten in Kombination mit großzüggigem Gebrauch von überlangen Eisennägeln für ausreichenden Zusammenhalt der Schiffshaut. Von außen durch Planken und Wrangen/Auflanger (Abb. 3) geschlagen, wurden die Nägel zurück in die Spantkonstruktion getrieben, wodurch ein stabiler Querverbund entstand, der zu-

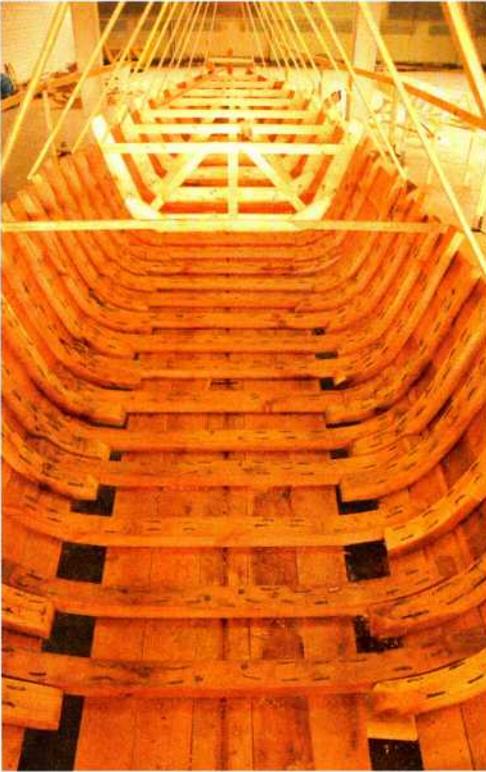


Abb. 4: Mallenkonstruktion: Bauschablonen zur Definition der Rumpfform. – The Mallen: a mold construction defining the hulk.

sammen mit den längs zum Kiel angebrachten Wegern für die erforderliche Steifigkeit des Schiffes sorgte (HÖCKMANN 1983, 406). Das Vorhalten bestimmter Mengen hochwertigen Baumaterials war also nicht notwendig, um im Bedarfsfall Schiffe in großer Anzahl nachproduzieren zu können. Im Gegenteil: Teile des Materials standen erst so kurzfristig zur Verfügung, dass sie ohne die sonst übliche Trocknungszeit verbaut wurden; keines hat die Performanz des Schiffes seit der Jungfernfahrt in irgendeiner Weise nachhaltig geschmälert.

Mit Blick auf die Bauweise der Lusorien ließ sich die Verwendung einer Hilfsspannkonstruktion nachweisen. Schablonenelemente, sog. Mallen, welche den Formverlauf der Beplankung definieren, wurden in entsprechenden Abständen auf dem Kiel

angebracht. Erst nach der Fertigstellung der Schiffsaußenhaut wurden sie sukzessive durch die endgültigen Querverstrebungen (Bodenwrangen und Auflanger) ersetzt. Ein solches Vorgehen untermauert die Vorstellung einer seriellen Produktion, da die Mallen nach ihrer Entfernung aus einem Schiffskörper umgehend zur Fertigung eines weiteren verwendet werden konnten (Abb. 4).

Hier eröffnet sich durch das Forschungsfeld der experimentellen Archäologie die Möglichkeit, die theoretischen Überlegungen einem praktischen Test zu unterziehen, und zwar in zweifacher Weise. Obwohl der Faktor menschlichen Schaffens innerhalb geschichtlicher Untersuchungen im Endprodukt, jedoch schwerlich im Prozess selber nachzustellen ist, ergeben sich durch Rekonstruktionen doch erhellende und weiterführende Erkenntnisse.

Der Nachbau von römischen Schiffen ist mit im Bereich Boots- und Schiffbau ungeschultem Personal deshalb interessant, weil es mit hoher Wahrscheinlichkeit die Aufgabe widerspiegelt, mit der sich auch römische Grenztruppen konfrontiert sahen. Durch die Mitarbeit von so heterogenen Arbeitsgruppen wie Schülern, Studenten, arbeitssuchenden Schulabgängern und Angehörigen der Bundeswehr konnte gezeigt werden, dass in der Summe die Arbeitskraft wichtiger war als die Spezialausbildung der entsprechenden Personen. Diese Beobachtung mag vordergründig von bescheidenem wissenschaftlichem Wert sein, doch sie gewinnt dann an Bedeutung, wenn das Endprodukt – das Schiff – betrachtet wird. Denn obgleich es sich bei den Lusoriae nicht um derartig aufwendig gebaute Wasserfahrzeuge handelt wie im Fall der Schiffswracks von Oberstimm (PFERDEHIRT 2002a, 104-107; PFERDEHIRT 2002b, 108-113; BOCKIUS 2002, 114-125), so sind es doch kaum triviale Konstrukte und die Anleitung durch einen spezialisierten Vorarbeiter ist unersetzlich. Die Anfertigung

Einschnitt für Planken

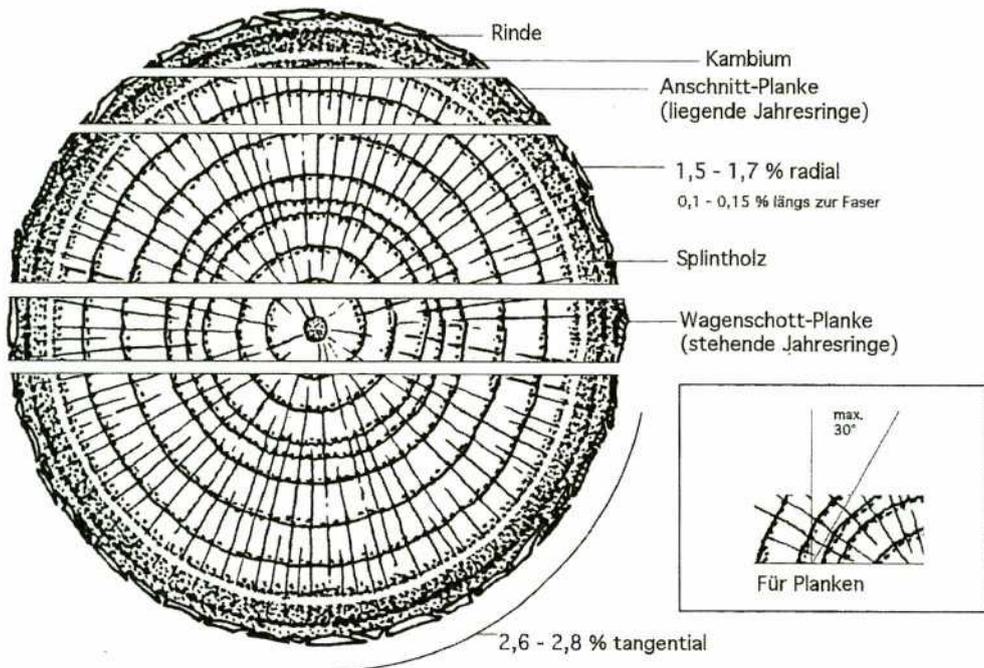


Abb. 5: Querschnitt durch einen Stamm mit Splint- und Kernholz. – Cross section through a tree trunk with sapwood and core.

einer Planke demonstriert, in welchem Verhältnis Fachwissen und Fleißarbeit stehen. Benötigte Werkzeuge und Hilfsmittel sind das mit Sticken markierte Ree, diverse Sägen, Hobel und Schmiegen zur Abnahme des erforderlichen Winkels, welcher die exakte Position der Planke dauerhaft im Verbund garantiert. Die Holzauswahl ist entscheidend für die Dauerhaftigkeit des Bauteils; für die Außenhaut eines Schiffes eignen sich besonders sog. Wagenschottplanken (Abb. 5). Mit Hilfe des Rees, einer Lattenkonstruktion, welche die gesamte Länge der herzustellenden Planke aufgreift, wird eine Plankenschablone hergestellt. Es wird so an den Mallen befestigt, dass es parallel zum Kiel bzw. zu der nächst tiefer gelegenen Planke liegt. Die Sticken, kurze, spitz zulaufende Holzleisten, markieren die Kontur der neuen Planke. Durch diese

Konstruktion kann nun der Plankenverlauf auf der rohen Bohle abgetragen werden, bevor die Punktmarkierungen mittels einer Straklatte ihren schnittfertigen Kurvenverlauf erhalten. Die Breite der jeweiligen Planke variiert je nach Position am Schiff. Im Bereich der Kimmung etwa, wo die Außenhaut die stärkste Krümmung am Übergang zwischen flachem Boden und aufsteigender Bordwand aufweist, werden schmalere Planken verbaut. Umgekehrt sind die kielnahen Planken die breitesten am gesamten Schiff. Nach dem groben Zuschnitt beginnt die eigentliche Handarbeit mit Hobeln (Abb. 6) und Stemmeisen, um die notwendige Form zu erreichen. Besonderes Augenmerk liegt hier auf der Passgenauigkeit, da die Planke spannungsfrei an den Mallen befestigt werden muss. Zu geringe Präzision steigert das Risiko, dass auch die dichte



Abb. 6: Bearbeitung einer Planke. – Forming a plank.

Nagelfixierung der Eigendynamik des Holzes nicht standhält und sich die Planke aus dem Verbund löst. Die Anleitung durch einen Fachmann ist hier einmalig notwendig, um den Ablauf zu demonstrieren. Danach kann die Plankenfertigung selbständig durchgeführt werden.

Nach dem Stapellauf der Lusoria Rhena konnte die Beherrschbarkeit des Schiffstyps geprüft werden, die ihre Rolle als Herzstück der neuen Grenzsicherungsstrategie untermauerte. Innerhalb weniger Tage gelang es einer heterogenen Testgruppe, zu gleichen Teilen bestehend aus männlichen und weiblichen Studierenden der Universität Trier, das Schiff zur Gänze zu beherrschen und komplexe Ruder- und Segelmanöver durchzuführen. Dieser Befund kann deshalb kaum überschätzt werden, weil in Analogie zu den Studierenden die römischen Grenztruppen zwar an militärischen Drill gewöhnt waren, ihnen jedoch einschlägige Erfahrung im nautischen Bereich fehlte. Inter-

essanterweise zeigten die Testwochen mit einer Kontrollgruppe, bestehend aus Offizieren der Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr, dass heutige Militärangehörige die Lernkurve von Zivilisten lediglich um einen Tag unterbieten konnten. Damit können wir sicher sein, dass eine neue Crew Lusorien binnen drei bis vier Tagen bemannen und beherrschen konnte. Die Übungszeit ließ sich weiter reduzieren, je geübter und erfahrener der Steuermann die wenigen notwendigen Anweisungen und Kommandos vermittelte.

Unter Einsatz speziell an die Bedürfnisse eines Ruderschiffs angepasster Messtechnik des Herstellers NexusMarine wurden die eingefahrenen Ergebnisse fehlerbereinigt zum Kernelement des wiederholbaren Experiments, das gerade durch seine valide Datengrundlage besonders wertvoll wird. Zufall und gefühlte Wahrnehmung bedeuten keinen Fortschritt für die Forschung, doch mit versetzungsbereinigten Messdaten zu Ruder-



Abb. 7: Seitlich gestelltes Rahsegel bei den Testfahrten der Lusoria Rhenana. – Square sail set through test trials.

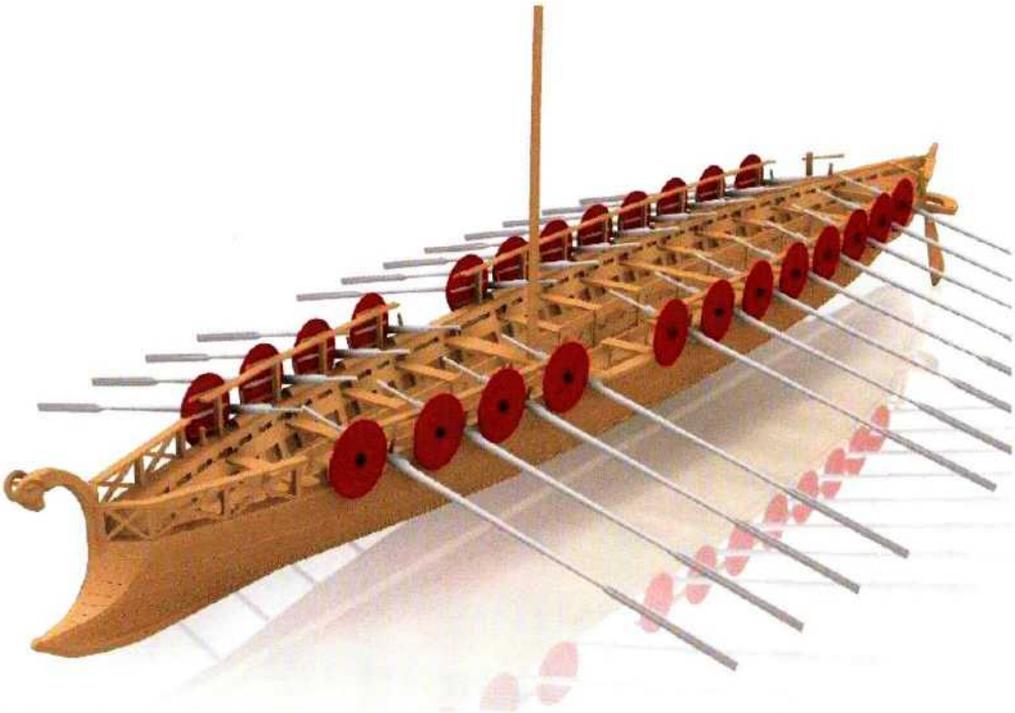


Abb. 8: Dreidimensional rekonstruierte Lusoria Rhenana. – 3D reconstruction of the Lusoria Rhenana.

und Manöverfahrten lässt sich ein Faktengerüst für theoretische Einsatzfelder von Lusorien konstruieren.

Gleiches gilt für den Einsatz des Segels als Zusatzantrieb während der Fahrt (Abb. 7). Auch hier half das Messsystem, solide Vortriebsdaten für das Schiff zu gewinnen, die auf einem Polardiagramm abgebildet werden konnten und überraschenderweise eine Fahrt auch unter ungünstigen Windverhältnissen erbrachten; das Rahsegel konnte also auch bei weniger guten Witterungsbedingungen eingesetzt werden.

Zur Vervollständigung des gesamten Testzyklus konnten mit den Kollegen der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster Experten aus dem Bereich der Sportmedizin gewonnen werden, die unter Laborbedingungen Blutproben von Ruderprobanden nahmen. So konnten anhand der Lactatwerte Belastungsdiagramme der Crew erstellt werden, wodurch sich Durchschnittswerte für Dauer- und Stressfahrten (unter höchster Anstrengung) errechnen ließen, die über den realen Kraftaufwand an Bord einer Lusoria Aufschluss gaben. Die endgültige Einordnung der Ergebnisse steht in Kürze an.

Durch eine intensive Kooperation zwischen der Universität Trier und der Hochschule Trier entstand im Jahr 2012 ein Datenmodell der Lusoria Rhenana, das bereits einige Belastbarkeit bewies. Die maßstabsgetreue, computergestützte Nachbildung (Abb. 8) spiegelt nicht nur die Gewichtsrechnung einzelner Elemente wie der Beplankung, des Innenausbaus und der Decksaufbauten detailgenau wider. Auch weitere Parameter des Modells wie etwa die Wasserlinie bilden die Ergebnisse getreu den gemessenen Werten an der 1:1-Rekonstruktion ab. Derzeit wird an der Umsetzung der Strömungsberechnungen geforscht, die Zwischenergebnisse sind vielversprechend.

Auch wenn also die Simulationsfähigkeit von Lusorien in Aussicht steht, muss doch

das Ergebnis am experimentell erforschten Nachbau gemessen werden, dessen Leistungsfähigkeit mit entsprechend ausgerichteter Messtechnik erfasst wurde. Die abschließende Auswertung wird zeigen, ob sich die computergestützte Simulation als Methode für die Forschung zu maritimen Operationen in der Geschichte eignet.

Mit dem Nachbau der Lusoria Rhenana konnten bislang also die Fragen nach notwendigem Baumaterial, serieller Produktion und Einsatzfähigkeit von ungeübten Ruderbesatzungen überprüft werden. Die erhobenen Daten aus dem Bereich der Nautik und der Sportmedizin untermauern die Analyse zum Einsatzspektrum des Schiffstyps. Schlussendlich eröffnet die Existenz des 3D-Modells nun eine neue Forschungsmethode, die jedoch noch weiteren Prüfungen unterzogen werden muss; und der Nachbau der Lusoria Rhenana liefert dazu die adäquate Grundlage.

Literatur

BOCKIUS, R. 2002: Wissenschaftliche Untersuchungen zu den Schiffen von Oberstimm. In: A. W. Mees, B. Pferdehirt (Hrsg.), Römerzeitliche Schiffsfunde in der Datenbank „Navis I“. Kataloge Vor- und frühgeschichtlicher Altertümer 29. Mainz 2002, 114-125.

BOCKIUS, R. 2006: Die spätrömischen Schiffswracks aus Mainz. Schiffsarchäologisch-technikgeschichtliche Untersuchungen spätantiker Schiffsfunde vom nördlichen Oberrhein. Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Bd. 67. Mainz 2006.

FERKEL, H., KONEN, H. C., SCHÄFER, C. 2004: Navis Lusoria. Ein Römerschiff in Regensburg. St. Katharinen 2004.

HÖCKMANN, O. 1983: „Keltisch“ od. „Römisch“? Bemerkungen zur Typengnese der spätrömischen Ruderschiffe von Mainz. Jahrbuch des Römisch-Germani-

schen Zentralmuseums 30, 1983, 403-434.

PFERDEHIRT, B. 2002a: Das Schiff Oberstimm 1. In: A. W. Mees, B. Pferdehirt (Hrsg.), Römerzeitliche Schiffsfunde in der Datenbank „Navis I“. Kataloge Vor- und frühgeschichtlicher Altertümer 29. Mainz 2002, 104-107.

PFERDEHIRT, B. 2002b: Das Schiff Oberstimm 2. In: A. W. Mees, B. Pferdehirt (Hrsg.), Römerzeitliche Schiffsfunde in der Datenbank „Navis I“. Kataloge Vor- und frühgeschichtlicher Altertümer 29. Mainz 2002, 108-113.

RUPPRECHT, G. (Hrsg.) 1984: Die Mainzer Römerschiffe. Berichte über Entdeckung, Ausgrabung und Bergung. Mainz 1984³.

SCHÄFER, C. 2008: Lusoria. Ein Römerschiff im Experiment. Hamburg 2008.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: BOCKIUS 2006, 211

Abb. 2: BOCKIUS 2006, 213

Abb. 3-4, 6: Foto: G. Wagener

Abb. 5: SCHÄFER 2008, 12 (bearbeitet durch T. Timoschenko)

Abb. 7: Foto: A. Thull

Abb. 8: Foto: Hochschule Trier

Autor

Arne Döpke, M.A.

Universität Trier

Universitätsring 15

Zi. BZ 26

54296 Trier

Deutschland



Rekonstruierende Archäologie

Der Feuerbohrer – Reibung, Ritus, Religion

Frank Trommer, Angela Holdermann

Summary – Making fire with the fire drill. Especially in older publications, the assumption was made that making fire with a drill has to be the first method of making fire – invented much earlier than the method of striking fire with flint and pyrite stones – since the materials for a drill are much easier to obtain.

But even in archaeological sites with very good wood conservation, e.g. lake site settlements, no archaeological findings have been made, which can be interpreted with certainty as a fire-drill apparatus.

Up to now, the oldest and with certainty used for fire making drills are from Egypt (El-Kharafish02/5-2, 2.600 BC, the most famous is the fire-drill from Tutankhamen's tomb in Egypt (14th century BC). The Egyptian hieroglyph for fire-drill respectively fire-making is found very often in association with the graphic character of the pharaoh himself, who brought, as the sun god, fire.

Besides the history of fire-drilling, we wanted to build a true-to-the-original copy of the oldest fire-drill. The next step was the experimental phase of the practical application. In the future we intend to test the usability of this kind of fire-drill for pedagogy of museum learning.

Die Idee zu dieser Arbeit entstand durch die jahrelange Beschäftigung mit dem Thema Feuer und Feuer machen. Seit vielen Jahren verwenden wir für die praktischen Vorführungen zum Thema u. a. ein einfaches Set bestehend aus einem Feuerbohrbrett, einem „Bohrer“ mit Widerlager aus Stein oder Knochen und einem Bogen (Abb. 1). Die Vorbilder dafür stammen aus der Ethnologie, zum Beispiel von den Inuit oder von den Maasai aus Kenia (Abb. 2a-b).

In der älteren wissenschaftlichen Literatur stößt man auf die weit verbreitete Meinung, dass das Feuerentzünden mit dem Feuerbohrer, wohl wegen der einfacheren Beschaffung der benötigten Materialien, die älteste Methode des Feuermachens

sei. Die archäologischen Belege sind allerdings meist zweifelhaft. Es tauchen zwar immer wieder Fundstücke auf, deren Zweck in diese Richtung interpretiert wird (z. B. ein 8,5 cm langes Holz aus der Krapina-Höhle/Kroatien oder ein kürzlich in Konstanz entdecktes Knochenstück mit runden Bohrspuren, die Verkohlungen aufweisen), doch sie müssen stets als Missdeutungen abgelehnt werden. Zu erwähnen wäre auch das häufig genannte Bohrbrettchen von Zauschwitz bei Pegau, Kr. Borna (Länge 17,3 cm, größte Breite 5,2 cm, ursprüngliche Dicke 2 cm). Es weist 4 Grübchen auf, mit durchschnittlich 1,4 bis 1,6 cm Durchmesser im Abstand von 1 bis 2 cm (Abb. 3). Doch hier fehlen wie bei den anderen zweifelhaften Feuer-



Abb. 1: Feuerbohren in bisher angewendeter Technik. – Previously used method of fire-drilling.

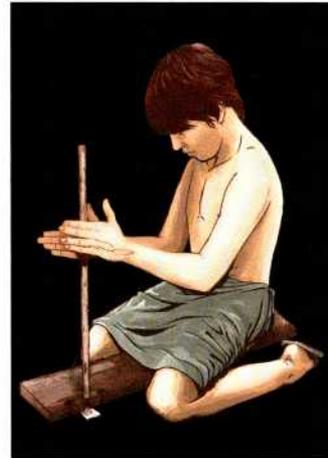


Abb. 2: Historische Darstellung von Kamtschadalen beim Feuermachen (links). Feuerbohren mit dem Feuerquirl (rechts). – Historical depiction of Kamtschadales in the process of fire-making (left). Making fire with a special fire-drill (Feuerquirl) (right).

brettern auch, die notwendigen Kerben, die das Herausfallen des abgeriebenen Holzmehls ermöglichen (siehe HOLDERMANN, TROMMER 2009, 23; WEINER 2012). Wie der amerikanische Ethnologe Walter

Hough erklärt, der sich Ende des 19. Jahrhunderts eingehend mit Feuerbohrern und Schlagfeuerzeugen beschäftigte, kann das Feuermachen aber durchaus damit, wenn auch sehr mühsam, möglich

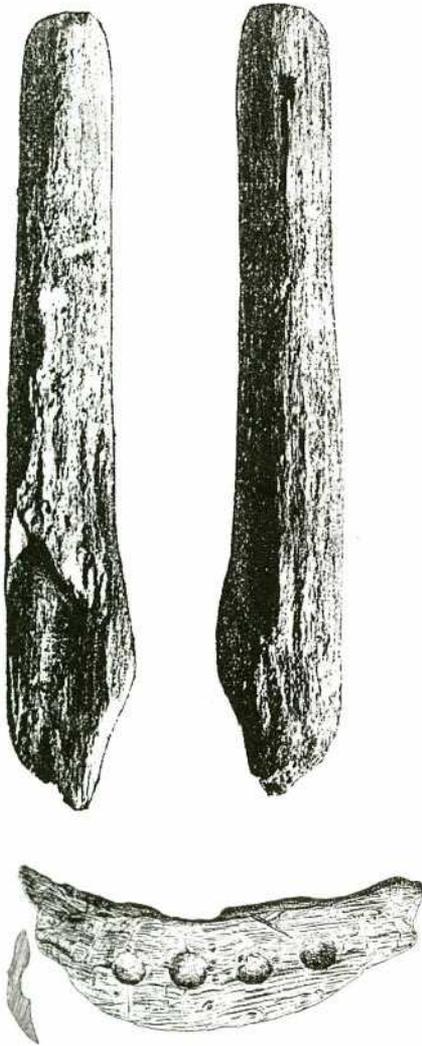


Abb. 3: *Mutmaßlicher Feuerbohrer aus der Krapina-Höhle/Kroatien (oben). Mutmaßliches Feuerbohrbrett aus Zauschwitz bei Pegau (unten). – Object supposed to be used as fire-drill from Krapina Cave/Croatia (above). Plank supposed to be used for fire-drilling from Zauschwitz near Pegau (below).*

sein. Von ihm stammt die überlieferte Notiz, dass die Aino auf der japanischen Insel Yezo mit einem derartigen Feuerbohrbrett ohne Kerben tatsächlich Feuer hergestellt hätten. Allerdings war die Proze-



Abb. 4: *Ägyptisches Schriftzeichen „Feuerbohrer“. – The Egyptian hieroglyph for “fire-drill”.*

dur langwierig (zwischen 1,5 und 2,5 Stunden) und mehrere Männer hätten sich dabei abgewechselt (HOUGH 1890, 551).

Die ältesten zweifelsfrei als Feuerbohrer genutzten Stücke stammen aus Ägypten (El-Kharafish02/5-2). Es handelt sich hierbei um einen Feuerbohrer und ein Feuerbohrbrett, die aber wohl zu zwei verschiedenen Feuerzeugen gehörten. Sie werden auf ein Alter von 2.600 BC datiert (RIEMER ET AL. 2006).

Bei der Recherche zum Thema entdeckten wir, dass die ägyptische Hieroglyphe für „Feuer“ bzw. „Feuer machen“ (als Abkürzung „heil und gesund“, Gardiner-Liste U28/29) oft im Zusammenhang mit dem Pharaon auftaucht (Abb. 4). Durch Zufall fanden wir den Hinweis, dass es einen Feuerbohrer unter den Grabbeigaben des Tutanchamun geben soll (Datierung 14. Jahrhundert v. Chr.; REEVES 1990, 196). Er war zusammen mit anderen Alltagsgegenständen in einer Kiste („Toy chest“ Nr. 585) gefunden worden, was ihm nach Rücksprache mit Ägyptologen auch genau diesen Stellenwert zuweist – ein Erinnerungsstück an das Alltagsleben. Allerdings kann eine rituelle Bedeutung als Grabbeigabe nicht ausgeschlossen werden.

Das 19,7 cm lange Feuerbohrbrett ist offensichtlich mehrmals benutzt worden und weist zahlreiche Bohrlöcher und Kerben auf. Der Bohrer ist technisch weit entwickelt. Er besteht aus mehreren Einzelteilen, zum einen aus dem Bohrkopf aus gedrechseltem Holz als Widerlager,



Abb. 5: Bild des Original-Feuerbohrers aus dem Grab Tutanchamun. – Pictures of the original fire-drill from the tomb of Tutankhamen.

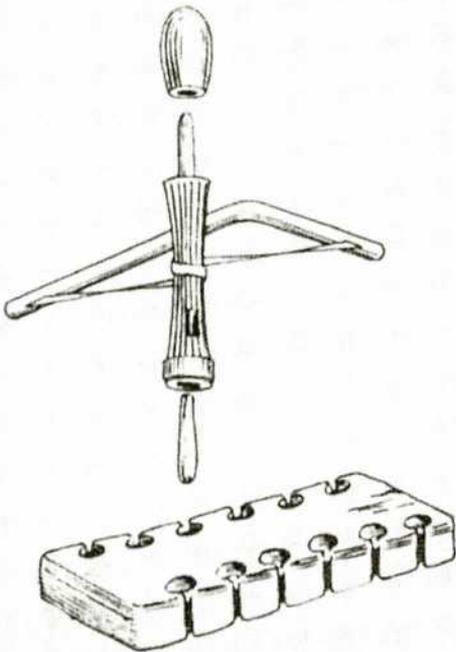


Abb. 6: Skizze des Feuerbohr-Sets von Howard Carter. – Howard Carter's drawing of the fire-drill set.

in dem sich der Bohrer selbst frei drehen kann, aus dem kannelierten Mittelstück, in dem der Bohrer wie ein Bit eingesetzt

wird, und aus dem Bohrer selbst (Abb. 5). Der Bogen und die Sehne sind nicht überliefert worden, sind aber vom Ausgräber Howard Carter in einer Skizze anhand von Abbildungen von bohrenden Handwerkern aus dieser Zeit ergänzt worden (Abb. 6).

Der ägyptische Feuerbohrer verfügt über ein innovatives Wechseleinsatzsystem (Bitsystem). Da sich der Bohrer bei Arbeiten mit dem Bohrset am stärksten abnutzt und kürzer wird, muss hier am häufigsten Ersatz vorbereitet sein. Im Normalfall bedeutet dies die Herstellung eines komplett neuen Bohrers. In diesem Falle jedoch wird in dem mit einem Senkloch versehenen Mittelstück ein Sackloch gebohrt, in das die dann nur noch recht kurzen Bohrenden konisch eingepasst werden müssen. Um diese dann festsitzenden Bohrer wieder auszubauen, ist im unteren Drittel des Mittelstückes ein kleines rechteckiges Loch mit einer nach oben liegenden Schräge eingearbeitet, durch die mit Hilfe eines Dornes der Bohrer ausgeschlagen werden kann. Nach Abnutzung des recht kurzen „Bits“ konnte ein neues eingesetzt werden.

Vor zwei Jahren wollten wir diesen Feuerbohrer im Hinblick auf die Technik, Gebrauchstauglichkeit und den eventuellen Nutzen für die Museumspädagogik nachbauen. Es folgten genauere Nachforschungen über die Abbildungen, verwendeten Materialien und genauen Maße. Leider konnten wir wegen der aktuellen politischen Situation keine weiteren Angaben zu den verwendeten Holzarten bekommen.

Wir begannen mit maßstabsgetreuen Zeichnungen und dem Aussuchen geeigneter harter Hölzer. Harte Hölzer sind Voraussetzung dafür, dass die entstehende Reibung an der Lagerstelle so gering wie möglich ist.

Die ersten Vorversuche machten wir mit modernen Werkzeugen. Für die weiteren Versuche arbeiteten wir (archäologisch

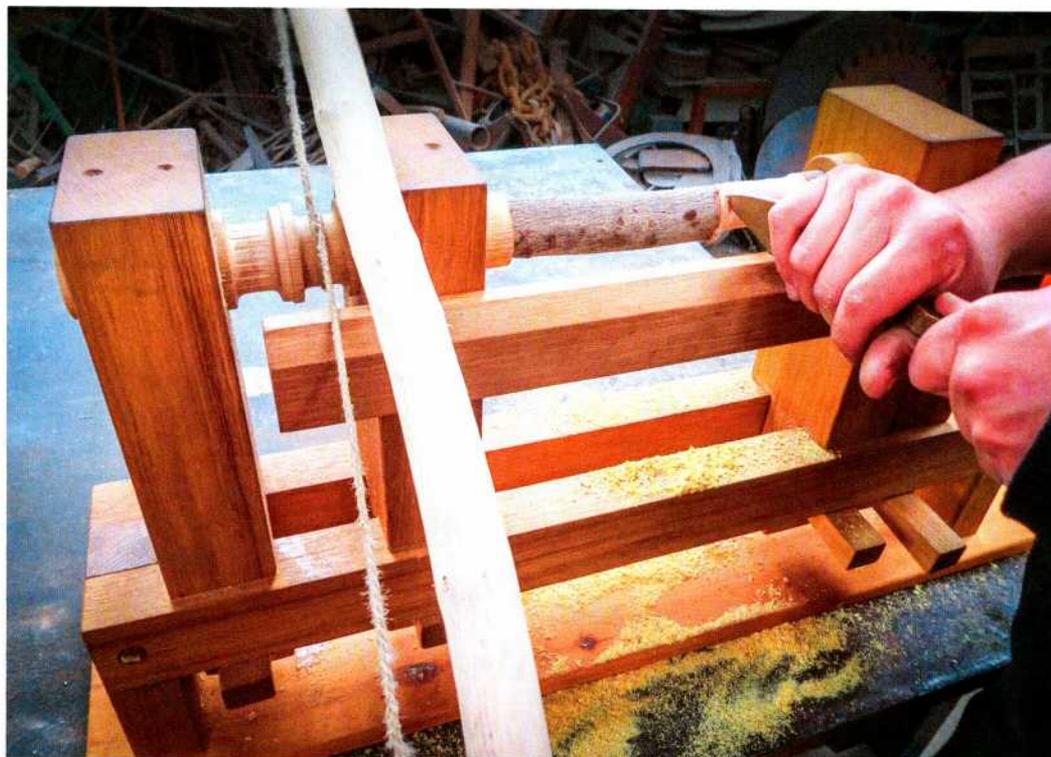


Abb. 7: Ausdrehen des Rohlings auf einem Nachbau einer römischen Drechselbank. – Turning the blank with a reproduction of a roman woodturning lathe.



Abb. 8: Herstellung der Rillen für die Kannelur des Mittelstückes. – Making of the middle piece's fluting.



Abb. 9: Einzelteile des fertigen Nachbaus. – The component parts of the finished reproduction.

nicht ganz korrekt) mit einem Nachbau einer römischen Drechselbank und Bronze-werkzeugen, die am ehesten den zeitgleichen ägyptischen Modellen entsprechen (Abb. 7).

Wir verwendeten für das kannelierte Mittelstück Buchsbaumholz. Zunächst musste der Rohling auf das richtige Maß abgedreht werden. Nach dem Absetzen

und Herausarbeiten des Führungsdorns wurde auch noch der kleine Absatz für den bronzenen Sicherungsring abgedreht.

Weiter mussten wir ein Loch für den Bohrereinsatz ausbohren sowie das Ausschlagloch aus dem Holz herausarbeiten.

Die Verzierungen in Form von Kanneluren

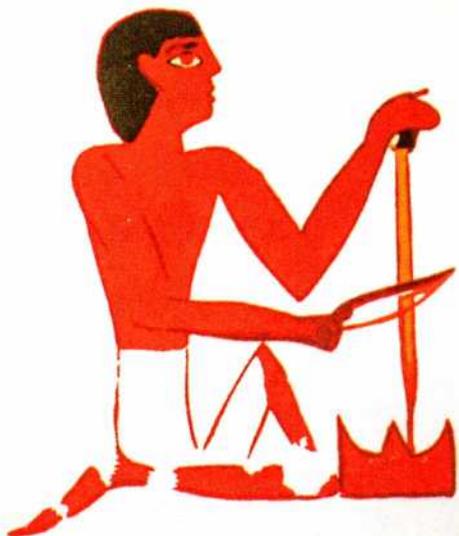


Abb. 10: Darstellung eines Bohrvorganges aus einem Grab der 12. Dynastie (ca. 1900 v. Chr.). – Depiction of drilling process from a tomb from the 12th dynasty (1900 BC approx.).

wurden mit Bronzesticheln geschnitzt (Abb. 8). Wir gossen den breiten Bronzering für den unteren Abschluss und passeten ihn an.

Nun fehlte noch das Widerlager, das wir aus heimischem Obstholz fertigten. Es wurde maßstabsgetreu gedrechselt und das Loch für das Mittelstück ausbohrt.

Die Wechselbits schnitzten wir aus Haselnussholz in der richtigen Größe zurecht (Abb. 9).

Das Feuerbrett fertigten wir aus Pappelholz nach den Vorlagen des Originals.

Unseres Wissens ist der Bogen selbst nicht überliefert worden, obwohl der Ausgräber Carter schreibt, dass der Feuerbohrer mit Hilfe eines Bogens benutzt worden sei. Die dazu von ihm angefertigte Skizze richtet sich vielleicht nach zeitgleichen Bohrgeräten, wie sie für die Holzbearbeitung u. ä. eingesetzt wurden (Abb. 10).

Wir nahmen für den Bogen einen natürlich gebogenen Ahornast. Da es keinerlei Nachweis für die Bogensehne gibt, haben



Abb. 11: Kompletter Feuerbohrer mit Brettchen und Bogen. – Complete fire-drill set with plank and bow.

wir sie aus einer geflochtenen Hanfschnur gefertigt (Abb. 11).

Der fertige Feuerbohrer wurde in der Praxis getestet, wobei unsere langjährigen Erfahrungen im Umgang mit dieser Methode einfließen. Beim Feuerbohren muss man folgendermaßen vorgehen: Zunächst legen wir ein Stück trockene Rinde unter das benutzte Feuerbohrloch, um dort den herabfallenden Abrieb aus der Kerbe aufzufangen. Man kniet sich auf das rechte Bein (als Rechtshänder) und stellt den linken Fuß so auf das Feuerbohrbrett, dass es sicher und unverrückbar auf dem Boden ruht. Man wickelt die Bogensehne einmal um den Bohrer und setzt ihn in das vorbereitete Loch ein. Mit der linken Hand umfasst man das Widerlager, der Arm kann zur Stabilisierung am Schienbein angelehnt



Abb. 12: Feuerbohren mit dem neuen Feuerbohrer. – Fire drilling with the new fire-drill.

werden. Die rechte Hand ergreift das Bogenende und bewegt nun den Bohrer vorsichtig hin und her. Es ist wichtig, den Bogen leicht schräg zu halten, damit die Sehne am Kreuzungspunkt der Wicklung nicht scheuert. Jetzt bewegt man den Bogen in einer gleichmäßigen Bewegung vor und zurück, wobei hier der richtige Druck des Widerlagers von entscheidender Bedeutung ist. Nach einer Weile entsteht im Bohrloch ein Abrieb, der aus der Kerbe auf die darunterliegende Rinde fällt. Rasch entsteht Reibungswärme, die sich u. a. durch den aufsteigenden Rauch erkennen lässt. Durch das zügige Bohren wird das Bohrmehl so heiß, dass es sich selbst entzündet (Abb. 12). Dieses Gluthäufchen kann nun mit Hilfe von leicht entzündlichen Materialien zu einem Feuer ausgebaut werden.

Beim Testen des Feuerbohrers stellten wir fest, dass die für diese Zeit sehr innovativen Wechseleinsätze (Bits) nur wenige Bohrvorgänge halten und dann ausgetauscht werden müssen. In der Praxis stellte sich heraus, dass sie nicht zu lang sein dürfen, da dies die Unwucht des Bohrers begünstigt. Positiv zu bewerten

ist das sichere Greifen des Widerlagers und die somit saubere Führung des Bohrers.

Der nach der Zeichnung rekonstruierte Bogen erwies sich beim praktischen Arbeiten als zu kurz, da bei jedem Richtungswechsel eine kurze Unterbrechung des Bohrvorgangs erfolgt, der das zügige Erhitzen des Holzes erschwerte. Ein längerer Bogen erleichtert das Feuermachen (Zum Bohren der Löcher ist ein kurzer Bogen durchaus ausreichend, da es beim Arbeiten nicht auf die zügige und kontinuierliche Hitzeentwicklung ankommt.). Es ist sinnvoll, den Führungsdorn und das Widerlager zu fetten, um die Reibung und den damit verbundenen Abrieb möglichst gering zu halten.

Ansonsten ist der Feuerbohrer des Tutanchamun in seiner Handhabung sehr gut. Unsere ersten Erfahrungen im Bereich der Anwendung, gerade mit Kindern, zeigen, dass ihnen das Feuermachen damit wesentlich leichter gelingt als mit dem bisher benutzten Modell.

Der von uns gebaute Feuerbohrer wird inzwischen bereits in der Museumspädagogik bei vielen Mitmachaktionen unter

anderem auch mit Schulklassen mit großem Erfolg eingesetzt.

Literatur

HEIN, W., TROMMER, F. 1995: Brennt wie Zunder. Steinzeitliche Feuererzeugung im Experiment. In: Eiszeitwerkstatt. Urgeschichtliches Museum Blaubeuren, Museumsheft 2. Blaubeuren 1995, 73-77.

HOLDERMANN, A., TROMMER, F. 2009: Der zündende Funke – frühe Pyrotechniker. In: S. Kölbl, N. Conard (Hrsg.), Brandheiß. Das – gefährliche – Spiel mit dem Feuer. Begleitband zur Ausstellung. Urgeschichtliches Museum Blaubeuren, Museumsheft 8. Blaubeuren 2009, 21-24.

HOUGH, W. 1890: Fire-making apparatus in the U.S. National Museum. Online Publikation <https://archive.org/details/firemakingappara00houguoft>.

MOSCHKAU, R. 1960: Das Feuerbohrbrettchen aus Zauschwitz bei Pegau. Arbeits- und Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege 7, 1960, 201-207.

PERLÈS, C. 1977: Préhistoire du feu. Paris 1977.

REEVES, N. 1990: The complete Tutankhamun. The King, the Tomb, the Royal Treasure. London 1990.

RIEMER, H., ET AL. 2006: The Fire-makers of El-Kharafish: A late prehistoric camp site in the Egyptian Western Desert. Antiquity 80/307, March 2006 (online-Artikel: <http://www.antiquity.ac.uk/ProjGall/riemer/>).

SEMJONOW, J. 1937: Die Eroberung Sibiriens. Ein Epos menschlicher Leidenschaften. Der Roman eines Landes. Berlin 1937.

TROMMER, F. 2009: Von Pyrit bis Piezozündung. Der Mensch macht Feuer. In: S. Kölbl, N. Conard (Hrsg.), Brandheiß. Das – gefährliche – Spiel mit dem Feuer. Begleitband zur Ausstellung. Urgeschichtliches Museum Blaubeuren, Museumsheft 8. Blaubeuren 2009, 25-38.

WEINER, J. 2012: Feuerschlagsteine und Feuererzeugung. In: H. Floss (Hrsg.), Steinartefakte vom Altpaläolithikum bis in die Neuzeit. Tübingen 2012, 943-960.

Eternal Egypt – ägyptische Geschichte digitalisiert, "Center for Documentation of Cultural and Natural Heritage" Ägypten: http://www.eternalegypt.org/EternalEgypt-WebsiteWeb/HomeServlet?language_id=1&ee_website_action_key=action.display.element&element_id=60369&ee_messages=0001.flashrequired.text

Abbildungsnachweis

Abb. 1, 4, 7-12: © F. Trommer

Abb. 2, links: SEMJONOW 1937, Taf. 14 Sibirien

Abb. 2, rechts: Fabienne Meiers

Abb. 3, oben: PERLÈS 1977, 37

Abb. 3, unten: MOSCHKAU 1960, 202

Abb. 5: Eternal Egypt

Abb. 6: REEVES 1990, 196

Autoren

Frank Trommer

Ulmer Str. 43

89143 Blaubeuren

Deutschland

Angela Holdermann M.A.

Oberdorf 24

6179 Ranggen /Tirol

Österreich

Zur Rekonstruktion eines bronzezeitlichen Streitwagens nach archäologischen Befunden der Sintašta-Kultur im Transural

Wolfgang F. A. Lobisser

Summary – The reconstruction model of a Bronze Age warrior chariot according to archaeological findings from the Sintašta-Culture in Transural. *The appearance of two wheeled warrior chariots that were pulled by horses in the southern Ural area changed the live of Bronze Age people greatly concerning social, economical, but maybe also spiritual aspects. These chariots spread over a wide area quite quickly and reached the Balkan-Danube region and the Near East, as well as regions in the east of Asia. In Sintašta in the southern Ural area, several graves were excavated some 40 years ago, which contained two wheeled chariots and skeletons of horses. The graves could be dated to the time between 2100 and 1700 BC. The spoked wheels had been put into special pits on the bottom of the graves so that the impressions of their form could be documented. We also know the distance between the wheels and some other details concerning their construction.*

For the exhibition "Unknown Kasachstan – Archaeology in the very Core of Asia" hosted by the German Mining Museum in Bochum, the author was invited to reconstruct a model of such a warrior chariot in scale 1:1 according to the findings of that time. This challenge gave the chance to carry out some practical experimental studies concerning building materials, tools and mounting techniques that could have been used during Bronze Age.

Einleitung

In Sintašta im südlichen Uralgebiet konnten mehrere Gräber mit zweirädrigen Wagen geborgen werden, deren Räder bereits Speichen aufwiesen und die in die Zeit um 2100 und 1700 vor unserer Zeitrechnung datieren (GENING, ZDANOVICH, GENING 1992). Sie gehören somit zu den ältesten bekannten Wagen dieser Art (EPIMACHOV, KORJAKOVA 2004, 222). In der Archäologie werden „Streitwagen“ durch gemeinsame Merkmale wie Speichenräder, Zugpferde und Zaumzeugbestandteile charakterisiert. Das Aufkommen von zweirädrigen Streitwagen, die von Pfer-

den gezogen wurden, veränderte das Leben der bronzezeitlichen Menschen in sozialer, wirtschaftlicher und wohl auch in geistiger Hinsicht weitgehend. Sehr schnell haben sich diese Wagen von den Steppengebieten zwischen den Flüssen Don und Ishim bis zur Balkan-Donau-Region und Vorderasien nach Westen, aber auch bis weit nach Osten hin ausgebreitet (KUKUŠKIN 2013, 221ff.). Für die Ausstellung „Unbekanntes Kasachstan – Archäologie im Herzen Asiens“ des deutschen Bergbaumuseums in Bochum wurde der Autor eingeladen, das Modell eines derartigen Wagens im Maßstab 1:1 auf der Basis der bekannten Funde und Befunde

aus Sintašta zu entwickeln und zu bauen. Dadurch ergab sich die Gelegenheit, experimentelle Studien zu möglichen Herstellungsmaterialien, Werkzeugtypen und Verbindungstechniken in der Bronzezeit durchzuführen. Um dieses Wagenmodell in der Ausstellung möglichst lebensnah präsentieren und inszenieren zu können, wurden von Herrn Detlef Wölfel Modelle von zwei Pferden in gestrecktem Galopp sowie von einem Wagenlenker in Originalgröße angefertigt.

Rekonstruktionsmodell eines Wagens der Sintašta-Kultur

Das Ziel war es, auf der Basis der Wagengräberfunde von Sintašta ein idealisiertes Wagenmodell zu entwickeln und auch in der Praxis zu bauen, das alle bekannten Konstruktionsdetails berücksichtigt und zu einem sinnvollen Ganzen vereinigt. Wo die Informationen aus Sintašta selbst nicht ausreichten, wurden Informationen aus anderen zum Teil etwas jüngeren Wagengräberfunden herangezogen. Da die Streitwagen von Sintašta zu den ältesten bekannt gewordenen gezählt werden dürfen, sollte ein einfaches Modell gezeigt werden, welches theoretisch jedoch den Ansprüchen einer praktischen Verwendung gerecht werden konnte. Für die praktische Umsetzung standen mir nachgebildete Werkzeuge der mitteleuropäischen Bronzezeit zur Verfügung. Mein Werkzeugsatz umfasste Bronzebeile, Dechseln, Stemmbeitel unterschiedlicher Breite, einen Hohlbeitel, Ahlen und Pfrieme, Bronzebohrer und Messer sowie einen Holzzirkel mit Bronzespitzen. Im Zuge der Arbeiten kamen auch moderne Werkzeuge zum Einsatz, doch wurde Augenmerk darauf gelegt, dass alle Arbeitsschritte mit Bronzewerkzeugen durchgeführt werden konnten, bzw. dass die gezeigten Oberflächen und die angewandten Holzverbindungsstechniken bronzzeitlicher Technologie entsprachen.

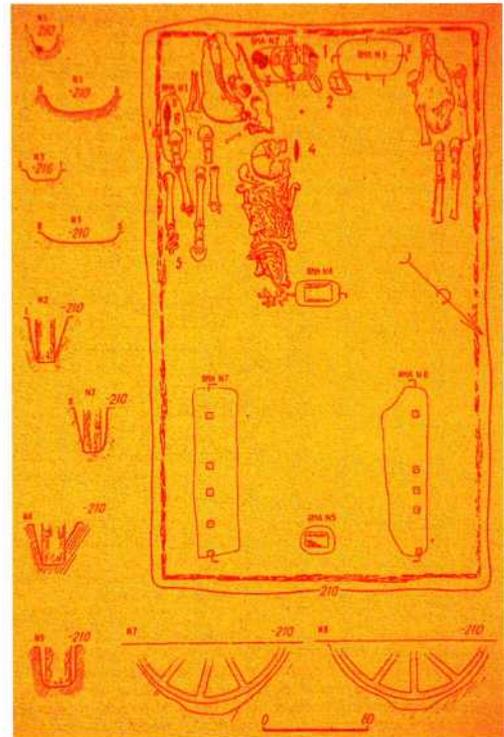


Abb. 1: Archäologischer Befund von Grab 30 aus Sintašta mit Streitwagen, Pferdeknöchel und Trensenknebel. Die Gruben für die Räder und auch die Pfosten, die als Auflager für die Deichsel im Grab interpretiert werden, sind deutlich erkennbar. – Archaeological evidence of grave 30 from Sintašta with chariot, horse bones and shield cheekpieces. The pits for the wheels and also the posts which are interpreted to be supports to fix the pole of the chariot in the grave can be seen.

Grundsätzlich darf man davon ausgehen, dass die Konstruktionshölzer eines Wagens in der Bronzezeit in relativ frischem Zustand verarbeitet wurden, da sich abgelagertes Hartholz mit Werkzeugen aus Bronze nur sehr schwer bearbeiten ließ und man dabei stets Gefahr lief, dass die Werkzeuge Schaden nahmen. Das bedeutete, dass alle Holzverbindungen des Wagens so beschaffen sein mussten, dass sie beim Nachtrocknen des Holzes, das stets mit einem gewissen Schwin-

dungsverhalten verbunden ist, ihre Festigkeit und damit die Stabilität der gesamten Konstruktion nicht verloren.

Wagenräber von Sintašta

In Sintašta hat man mindestens 6 Gräber geborgen, die jeweils einen zweirädrigen Wagen mit Speichenrädern oder zumindest Teile eines solchen enthielten. Es handelt sich um die Gräber 5, 12, 16, 19, 28 und 30 (GENING, ZDANOVICH, GENING 1992). Die Räder der Wagen wurden in den Gräbern in eigens ausgehobene Längsgruben gestellt, die man in den Boden der Grabkammern eingetieft hatte, so dass sich Abdrücke derselben erhalten konnten (Abb. 1). Diese Abdrücke zeigen die unteren Bereiche von Speichenrädern mit Felgen. Die Abstände zwischen den Speichen weisen darauf hin, dass die Räder ursprünglich etwa 8 bis 12 Speichen aufgewiesen haben müssen. Die Querschnitte der rechteckigen Speichen lagen im Bereich von etwa 3 auf 4 cm. Die Breite der Felgen darf auf etwa 4 bis maximal 5 cm geschätzt werden. Die Durchmesser der Räder haben zwischen 90 und 100 cm betragen. Die Positionierung der Räderpaare in den Gräbern spricht dafür, dass diese zum Zeitpunkt ihrer Deponierungen auf die zugehörigen Achsen aufgesteckt waren. Die Abstände zwischen den Rädern betragen in Sintašta zwischen 120 und 150 cm. Im mittleren Bereich der Gräber finden sich neben den Knochenresten von Pferden und diversen Grabbeigaben, zu denen man auch Waffen und Teile von Pferdezaumzeug zählen darf, Pfostenstellungen, die als Auflagen für die Wagendeichseln interpretiert werden. Es erscheint nicht gesichert, ob man den Toten – im Sinne von *pars pro toto* – nur Wagenbestandteile oder wirklich ganze Wagen mit ins Grab gegeben hat, doch gehen viele Forscher von letzterem aus. In Sintašta waren die Grabkammern bis zu 125 cm hoch (EPIMACHOV, KORJAKOVA

2004), so dass man die Wagen, deren Räder ja bis zu 35 cm in den Boden eingetieft waren, ohne weiteres in zusammengesetztem Zustand in die Kammern gestellt haben könnte. Die Höhe der Wagenaufbauten, sprich der Wagenkästen, könnte dabei bis zu etwa 1 m betragen haben, wobei man in Sintašta wohl von eher kleineren Wagenkästen ausgehen darf, die nur für eine Person konzipiert waren. Dass sich in Sintašta keinerlei Wagenbestandteile aus Metall oder aus Bein gefunden haben, spricht dafür, dass diese Wagen ausschließlich aus Holz und anderen organischen Materialien konstruiert gewesen sind. Von den Holzbestandteilen haben sich leider nur die Abdrücke erhalten, so dass keinerlei Hinweise auf die verwendeten Holzarten verfügbar waren.

Andere archäologische Befunde zu zweirädrigen Streitwagen

Die archäologischen Hinweise zur Beschaffenheit der Streitwagen von Sintašta, die sich aus den Gräbern ableiten lassen, sind ein guter Ansatz, reichen aber nicht aus, um ein Bild von der Konstruktion der Wagen zu zeichnen (KUZMINA ET AL. 2007, 111). So galt es, auch andere, zum Teil zeitlich jüngere Wagenräber zu studieren. Bodenverfärbungen in Kurgan 9 von Krivoe Ozero wurden als Hinweise auf eine Radnabe gedeutet, die seitlich deutlich über das Rad hinausragte (VINOGRADOV 2003). So können wir davon ausgehen, dass die Speichenräder der frühen Streitwagen auf jeden Fall mit mittig gelochten Radnaben ausgestattet und auf feststehenden Achsen montiert waren. Auf diesen Achsen sollten konsequenterweise die anderen Bestandteile wie Deichsel und Wagenkasten montiert gewesen sein. Die Kästen könnten aus Korbgeflecht oder aus Holzteilen bestanden haben, welche durch Lederriemen zusammen gehalten wurden (EPIMACHOV, KORJAKOVA

2004, 223). Aus dem Gräberfeld von Satan in Zentralkasachstan ist eine Felge bekannt geworden, die mit Leder oder Rohhaut umwickelt war. Im Bereich der Felge wurden Spuren einer roten Farbe gefunden sowie kleine Nägel aus Knochen, die zur Befestigung des Leders auf der Felge gedient haben könnten (NOVOŽENOV 1994). Von dort ist auch die Dimension eines Wagenkastens mit 120 auf 67 cm überliefert (KUZMINA ET AL. 2007, 110). Bei anderen Gräbern des Streitwagenkomplexes wurden Grabkammerhöhen von 60 bis 70 cm festgestellt (EPIMACHOV 1996). In diesen Fällen hatte man vermutlich den Wagenkasten abgenommen und Wagenteile entweder einzeln deponiert oder überhaupt weggelassen. So darf man vermuten, dass die Wagenkästen abmontiert werden konnten. Bei zahlreichen Gräbern der eurasischen bronzezeitlichen Streitwagenkulturen deutet die Position der Pferdeköpfe im Grab auf die Verwendung von Jochstangen hin. Auch aus dem heutigen China sind Wagenbestattungen bekannt geworden. Diese stammen aus der späten Shang-Dynastie und lassen sich in die Zeit zwischen dem 13. und dem 11. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung datieren. Auch hier war die Beigabe von ganzen Wagen mit den zugehörigen Gespannen üblich (BAGLEY 1999). Zwar konnten sich auch dort kaum Holzbestandteile erhalten, aber durch spezielle Bodenbedingungen konnte man in einzelnen Fällen die Abdrücke und Verfärbungen der Konstruktionshölzer mit beachtenswerter Präzision fassen, so dass sich wertvolle Aufschlüsse zur Konstruktionstechnik ablesen ließen. Die Wagen sind etwas größer als die aus Sintašta bekannt gewordenen, doch lassen sich weitgehende Parallelen in der Bauweise konstatieren. M. Wagner skizziert diese Konstruktionsmerkmale folgendermaßen: „Ein shangzeitlicher Wagen bestand aus einer knapp 3 m langen Deichsel, die sich zum Jochbaum hin nach

oben aufbog und zur anderen Seite, zur Achse hin verjüngte. Deichsel und Jochbaum waren durch Lederriemen oder Flechtstricke beweglich miteinander verbunden. Auf gleiche Weise befestigte man die beiden geradschenkigen Jochgabeln am Jochbaum. Die tonnenförmigen Radnaben aus Holz wurden durch Achsstifte aus Holz oder Bronze auf der gut 3 m langen Achse fixiert.“ (WAGNER, LEUBE 2004, 108). Zu den Felgen führt er an gleicher Stelle aus: „Die Felgen mit keilförmigem Querschnitt bestanden aus zwei oder mehr Segmenten, deren Passstellen durch Bronzebeschläge gesichert wurden. Der Schwerpunkt des rechteckigen oder ovalen Wagenkastens lag unmittelbar über dem Deichsel-Achsenkreuz. Der Boden bestand entweder aus strohbedeckten Holzplanken oder aus Lederflechtwerk. Für die Wände des Wagenkastens pflegte man Holzgitter oder Rattan zu verwenden. Die Grabungsbefunde lassen deutlich eine Öffnung in der Mitte der Rückwand erkennen, durch die der Wagen bestiegen wurde. Weitaus weniger gut hat sich der obere Abschluss der Wandung im Boden erhalten, so dass sich schwer abschätzen lässt, wie hoch die Brüstung, insbesondere der darüber hinaus ragende Halte- oder Stütz-Bügel wirklich war.“ Zu einem Wagengrab aus Guojiazhuang bemerkt Wagner, dass man dort für den Bodenrahmen des Wagenkastens vier Hölzer verwendet hätte, in welche die Stützen für das Aufgehende eingezapft gewesen seien (WAGNER, LEUBE 2004, 114). Im Zuge der Recherchen für das Wagenmodell wurden noch zahlreiche weitere Nachweise zu bronzezeitlichen Wagen herangezogen, auch solche von Felsbildern (vgl. DĖVLET, DĖVLET 2004) oder auch spätbronzezeitliche Wagen aus dem ägyptischen Bereich (vgl. HEROLD 2004; DEL FRANCIA 2002). Zum Aussehen von frühen Streitwagen gab es auch bereits einige Vorarbeiten in Form von skizzenartigen Rekonstruktionsvor-

schlägen (vgl. GENING, ZDANOVICH, GENING 1992, 184-215), die jedoch nicht unwidersprochen geblieben sind (vgl. KUZMINA ET AL. 2007, 109ff.)

Konstruktionsholz

Wir dürfen davon ausgehen, dass man für den Bau von derartigen Wagen in der Bronzezeit auf mehrere verschiedene Holzarten zurückgegriffen hat, die dabei je nach optimaler Eignung für verschiedene Bauteile zur Anwendung gekommen sind (vgl. HEROLD 2004, 135). Da keine Information zu den in der Bronzezeit eingesetzten Holzarten verfügbar war, habe ich mich bei der Rekonstruktion für Eichen-, vor allem aber für Eschenholz entschieden. Eichen- und Eschenholz war in der Bronzezeit im Transural verfügbar und beide wurden bis in die jüngste Vergangenheit sehr häufig und auch sehr vielseitig im Wagenbau eingesetzt (z. B. RINGGER 1989; RAUSCH 1899, 26). Eschenholz ist sehr biegsam und strapazierfähig und weist auch eine hohe Bruchfestigkeit auf. Eschen- und auch Eichenholz lassen sich sowohl radial als auch tangential gut spalten. Da zu vermuten ist, dass man in der Bronzezeit die Rohlinge für viele Konstruktionshölzer durch Spalten aus dem Rundholz gewonnen hat, habe ich nahezu astfreies Holz mit geradem Wuchs ausgewählt. Bei gespaltenen Rohlingen konnte man sicher sein, dass die einzelnen Holzfasern wirklich vom Anfang bis zum Ende eines Holzstückes durchliefen. Dadurch wurde es möglich, Konstruktionsteile sehr klein zu dimensionieren, ohne Stabilität zu verlieren. Im Gegenteil erhöhte sich diese, da diese Stücke biegsam waren und bei starker Beanspruchung nicht gleich brachen. Der gerade Wuchs verhinderte allfällige unangenehme Verwindungen der Konstruktionsteile. Gleichzeitig wurde der Wagen dadurch sehr leicht, eine Eigenschaft, die in der Bronzezeit sicher erwünscht und auch angestrebt wurde.

Radnaben

Es kann kein Zweifel daran bestehen, dass die Räder der Streitwagen der Sintašta-Kultur aus Radnabe, Speichen und seitlich vorstehenden Felgen bestanden, wobei die Radnaben frei auf feststehenden Achsen bewegt werden konnten. So starteten die praktischen Arbeiten mit der Anfertigung von zwei Naben aus Eichenholz. Die Naben sollten bei einer Länge von mindestens 20 cm einen Durchmesser von 15 cm aufweisen, damit innen genug Platz für die 5 cm starken Achsen blieb, wenn von außen die rechteckigen Ausnehmungen für die Aufnahme der Speichen eingestemmt wurden. Die Rohlinge wurden außen rund zugearbeitet und an ihren Enden im rechten Winkel gerade abgetrennt. In der frühen Bronzezeit konnte man für diese Arbeitsschritte Beile oder Dechseln verwenden. Vielleicht gab es aber auch schon einfache Drechselbänke, um die Naben achsialsymmetrisch abrichten zu können. Schwieriger wurde es, als es galt, in die Achsen mittig Löcher mit Durchmessern von etwas mehr als 5 cm zu bohren, welche in das stehende Holz der Rohlinge gearbeitet werden mussten. Ich kam zu dem Schluss, dass dieser Arbeitsschritt so in der Bronzezeit wahrscheinlich nicht möglich war. Es fand sich kein bronzezeitlicher Werkzeugtyp für diese Herausforderung. Aber es gab eine andere Lösung für diese Problemstellung: Wurden die Achsenrohlinge genau in der Mitte gespalten, konnten jeweils die halbe Ausnehmung mit einem hohlen Bronzebeitel in beide Hälften eingestemmt werden. Etwa 3 cm vor den Nabenenden wurden beidseitig massive Rillen für Riemenwicklungen eingearbeitet, um die wieder zusammengefügten Nabenhälften zu stabilisieren. Nun konnten im Mittelbereich der Naben die Positionen von jeweils 12 Speichen mit gleichem Abstand zueinander angezeichnet werden. Zur Einteilung

der Abstände verwendete ich einen Holzzirkel mit Bronzespitzen (vgl. LOBISSER 2008, 40). Zum Anzeichnen ließen sich Bronzefrieme verwenden. Es erwies sich als vorteilhaft, an den Positionen der rechteckigen Zapfenlöcher zuerst jeweils zwei Bohrungen vorzunehmen, weil sich dann der Rest besser und vor allem schneller mit Bronzebeiteln ausarbeiten ließ (Abb. 2).



Abb. 2: Die Ausnehmungen für die Speichen wurden mit einem Bronzebohrer an den Radnaben vorgebohrt. Im Vordergrund Nachbildungen von Bronzezeitwerkzeugen. – First the recesses for the spokes were drilled in the wheel hubs with a bronze drill. In front some remakes of Bronze Age tools.

Speichen

Die Speichen wurden aus Eschenrohlingen mit einer Länge von etwa 37 cm angefertigt und wiesen an ihren dickeren, an der Nabe liegenden Bereichen etwa 3 auf

4 cm auf. An diesen Enden wurden rechteckige Zapfen so angebracht, dass diese streng in die vorgestemmt Löcher der Naben passten (Abb. 3) und umlaufend ein Falz als Anschlag stehen blieb. Nach außen hin verliefen die Speichen konisch und fanden ihre Enden in runden Zapfen von etwa 2 cm Stärke. Zur Fertigung der Speichen haben sich Randleistenbeile für die grobe Form und Bronzemesser für die Feinarbeit angeboten. Zum Absetzen der Zapfen waren Stemmitel zweckdienlich.

Felgen

Es wäre durchaus vorstellbar, dass man die Felgenkränze der Räder in der Bronzezeit jeweils aus einem Stück Holz fertigte, das man genau in die richtige Form gebogen hat. Vor dem Biegen hätte man das frische Holz in Wasser geweicht, vielleicht auch mit Wasserdampf gearbeitet. Bei dem Modell orientierte ich mich an den chinesischen Befunden der späten Shang-Dynastie und dort waren die Felgen aus mehreren Segmenten zusammengesetzt. Bei sechs Segmenten pro Rad konnte jedes Segment auf zwei Speichen aufgesteckt werden. Diese Einteilung erschien auch deshalb sehr naheliegend, weil dabei die Länge der einzelnen Felgensegmente genau dem Rad Durchmesser entsprach und man dieses Maß sehr gut mit einem Zirkel abschlagen konnte. Die gekrümmten Segmente mit einem Querschnitt von etwa 4,5 auf 5,5 cm konnte man mit Beil oder Dechsel aus gespaltenen Rohlingen fertigen. Die Enden wurden in der Art mit schrägen Flächen versehen, dass sechs Stück zusammen genau einen Kreis ergaben. Bei jeweils einem Viertel ihrer Länge von den Enden her gesehen wurden die Stücke an den Innenseiten der Krümmung mit ca. 3 cm tiefen runden Löchern für die Speichen versehen.

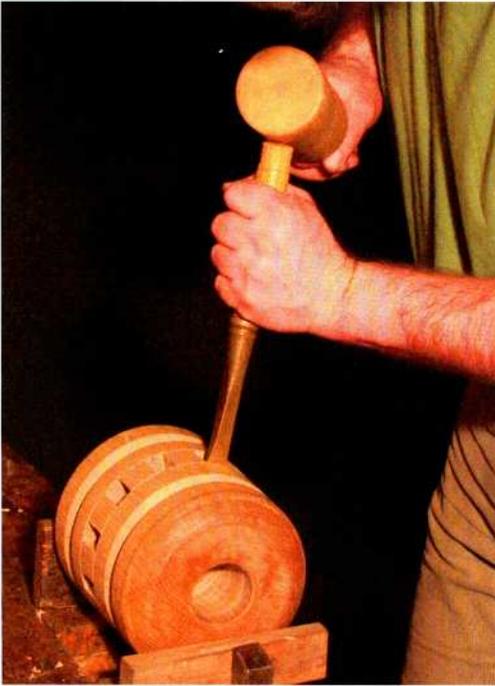


Abb. 3: Nach dem Vorbohren wurden die Speichenlöcher der Naben mit einem Bronzemeißel rechteckig ausgeformt. – After the drilling of the spoke holes, they were reworked with a bronze chisel to give them their rectangular form.

Montage der Räder

Zur Montage der Räder wurden die Naben auf ein horizontal fixiertes rundes Holz gesteckt, das der späteren Achse entsprach. Nun konnten der Reihe nach die Speichen in die vorgesehenen Vertiefungen geklopft werden. Durch stetes Drehen der Naben bei seitlichem Nachjustieren der Speichen war es mir möglich, diese genau in eine Flucht zu bringen. Anschließend habe ich die Felgensegmente auf die runden Enden der Speichen gesetzt und mit einem Hammer zusammengetrieben, bis sich ihre Enden berührten (Abb. 4). An diesen hatte ich die Segmente mittig mit Schlitzern versehen, in die nun kleine Längshölzer als eingesetzte Nutzapfen gesteckt werden konnten, die den Zusammenhalt der Fel-



Abb. 4: Die einzelnen Bestandteile der Felgen wurden mit einem Hammer auf die runden Enden der Speichen aufgesetzt. – The single parts of the rims were put on the round ends of the spokes with a hammer.

gensegmente gewährleisten und diese gegen seitliches Verrutschen sicherten. So entstanden zwei Räder mit jeweils 12 Speichen und Durchmessern von ca. 90 cm. In Anlehnung an den Befund von Sattán (NOVOŽENOV 1994) wurden die Felgen der Räder mit rotem Eisenpigmentpulver eingefärbt, wobei Leinöl als Bindemittel diente.

Achse

Die Achse wurde aus einer etwa 175 cm langen Bohle aus Esche gefertigt und auf einen rechteckigen Querschnitt von 14 auf 6 cm zugearbeitet. Das im Verbund hochkant eingesetzte Stück wurde an beiden Enden auf einer Länge von 35 cm mit runden Zapfen mit einem Durchmesser von 5 cm versehen. Am Übergang

wurden diese Zapfen im rechten Winkel abgesetzt, so dass die aufgesteckten Räder beim Laufen einen gleichmäßigen Anschlag hatten.

Einige Millimeter vor den aufgesteckten Rädern wurden in die Vorstöße der Achse keilförmige Achsnägel aus Eschenholz eingearbeitet, die die Räder in Position hielten. Dadurch ergab sich eine Spurweite von etwa 130 cm.

Deichsel

Damit ich die Länge und die Form der Deichsel festlegen konnte, galt es erst abzuklären, wie groß denn eigentlich die Zugpferde von Sintašta gewesen sind. Wichtig war dabei einerseits die Schulterhöhe, damit der Boden des Wagenkastens später, wenn er an den Pferden montiert war, auch annähernd gerade verlief und andererseits die Länge der Pferde in gestrecktem Galopp, damit diese nicht mit ihren Hinterhufen den Wagenkasten treffen würden. Eine Analyse von Pferdeskelettresten aus dem Streitwagenkomplex ergab, dass man leicht gebaute Pferde mittlerer Größe eingesetzt hatte, deren Schulterhöhe etwa bei 60 Prozent der Tiere zwischen 136 und 144 cm betrug (vgl. KOSINTSEV 2010, 62ff.). Für das Wagenmodell ließ sich daraus ableiten, dass die Deichsel mindestens 225 cm über den Wagenkasten hinaus reichen musste. Bei einer Distanz von 200 cm ab Kastenvorderwand sollte die Oberkante der Deichsel am fertig montierten Wagen 125 cm über dem Boden liegen. Die Gesamtlänge der Deichsel, die aus Eschenholz gefertigt wurde, betrug ca. 305 cm. Im vorderen Bereich zeigte sie einen annähernd geraden Verlauf mit einem rundlich-ovalen Querschnitt. Zum Wagenkasten hin krümmte sie sich nach unten und verlief mit einem leichten Knick mit rechteckigem Querschnitt gerade unter den Kasten. 30 cm vor ihrem hinteren Ende habe ich sie mit einer geraden wechsel-

seitigen Überblattung (vgl. GERNER 1992, 115) mittig von oben auf die Achse aufgesetzt, so dass die Oberkanten der beiden Hölzer fast in einer Ebene zu liegen kamen. Somit war das Grundgerüst des Wagenmodells bestehend aus Rädern, Achse und Deichsel fertig gestellt.

Wagenkasten

Die Dimensionen des Wagenkastens wurden mit etwa 96 auf 78 cm festgelegt. Die Breite von 96 cm ergab sich dabei fast automatisch durch die Spurbreite. Die Tiefe von 78 cm erschien vor dem Hintergrund der Funktion naheliegend. Wie bei dem shangzeitlichen Wagen aus Guojiazhuang nachgewiesen, bildeten vier Hölzer die Basis des Wagenkastens. Die Rohlinge habe ich mit rechteckigen Querschnitten angefertigt, wobei die beiden parallel zu den Rädern laufenden etwas stärker waren. Die beiden anderen wurden an ihren Enden mit Zapfen versehen, die seitlich in die erstgenannten eingesteckt und von außen mit Keilen gesichert werden konnten. Dieser Rahmen konnte nun mit vier seitlichen wechselseitigen Überblattungen auf das Achsen-Deichsel-Kreuz aufgesetzt werden, so dass einerseits die Position des Kastens genau definiert war und andererseits der Kastenrahmen die Achsen-Deichsel-Verbindung stabilisierte (Abb. 5).

Es gibt einen breiten Konsens darüber, dass Streitwagen vorne am Wagenkasten eine Art Halte- oder Stütz-Bügel aufgewiesen haben müssen (vgl. GENING, ZDANOVICH, GENING 1992, 184-215). An diesem konnte man sich bei Bedarf nicht nur festhalten, sondern hier konnten auch Dinge, vor allem wohl Waffen wie z. B. Speere, Bogen oder Pfeile griffbereit befestigt werden. Die Höhe eines solchen Haltebügels sollte etwa bei 90 cm über dem Kastenboden gelegen haben. Um die Basis für einen quer liegenden Haltebügel zu schaffen, fertigte ich zwei Rund-



Abb. 5: Der Unterbau des Streitwagenmodells mit Speichenrädern, Achse, Deichsel und Basisrahmen des Wagenkastens. – The subconstruction of the chariot model with spoked wheels, axis, pole and basis frame of the chariot box.

hölzer von etwa 5 cm Durchmesser, die an den unteren Enden mit quadratischen Zapfen ausgestattet waren. Korrespondierend wurden an den vorderen Eckbereichen des Basisrahmens des Wagenkastens Löcher eingestemmt, die genau mittig durch die Zapfenverbindungen des Rahmes geführt wurden, so dass letztere gesperrt wurden. An der Unterseite wurden diese Steckzapfen ebenfalls durch Zapfenschlösser mit Holzkeilen gesichert. An den Oberseiten der beiden Rundhölzer habe ich Längszapfen geschnitzt, die durch entsprechende Lochungen durch eine ebenfalls runde Haltestange gesteckt werden konnten.

Der Boden des Wagenkastens wurde aus Brettern gebildet, die auf den Querhölzern des Basisrahmens gut auflagen. Vor der

Montage hatte ich in beide senkrechten Rundhölzer des Haltebügels seitlich jeweils zwei ca. 1,5 cm breite Nuten zu den Kastenseiten hin eingestemmt. In selbige konnte man nun bis in eine Höhe von etwa 70 cm dünne quer liegende Bretter als Seitenwände einstecken. An der Vorderseite, wo es beidseitig eine Nut gab, waren diese gut stabilisiert. An den beiden nach hinten abgerundeten Seitenbereichen waren die Bretter nur vorne in einer Nut gelagert. Um hier Festigkeit zu erlangen, wurden seitlich noch schräge Bügel von halbrundem Querschnitt angefertigt. Die Fixierung dieser Bügel erfolgte ausschließlich durch Bindungen mit Rohhautstreifen, so wie derartige Bindungen überhaupt der gesamten Konstruktion erst ihre Stabilität gaben.

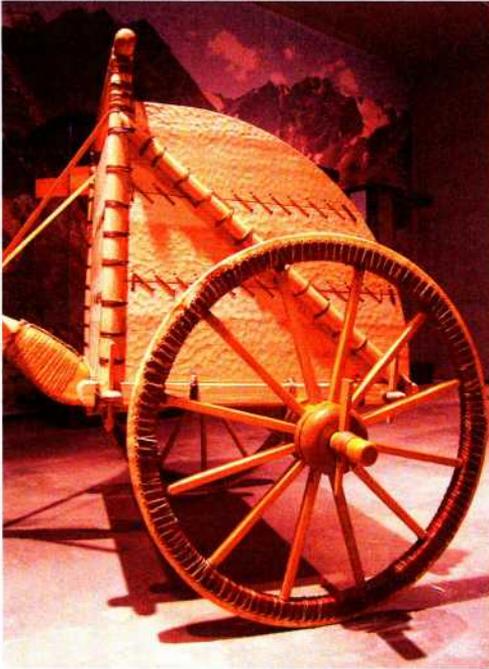


Abb. 6: Alle Holzbauteile des Wagenmodells wurden mit geweichten Rohhautstreifen vernäht. Dadurch erhielt die Konstruktion nach dem Trocknen der Streifen eine enorme Stabilität. – All the wooden parts of the chariot model were sewn together with wet raw hide strips. After the strips dried, the whole construction was extremely stable.

Fixierung der Wagenbestandteile durch Rohhautbindungen

Dass Rohhautbindungen eine wichtige Rolle im Wagenbau spielten, wurde schon von mehreren Wissenschaftlern vermutet (vgl. EPIMACHOV, KORJAKOVA 2004, 223). Im Gräberfeld von Satan konnte Rohhaut als Felgenbelag nachgewiesen werden (NOVOŽENOV 1994). Es ist nicht überliefert, von welchem Tier die Haut stammte. Man könnte an Pferde- oder an Rinderhaut denken. Auf jeden Fall kann man davon ausgehen, dass es sich wohl um die Haut eines relativ großen Tieres gehandelt haben muss. Bei unserem Wagenmodell habe ich aus Gründen der Verfügbarkeit mit Rohhaut vom Rothirsch gearbeitet.

Zwei Häute standen zur Verfügung. Diese wurden aufgespannt und an ihren Innenseiten sauber geputzt. Dann wurden die Häute in Wasser geweicht, bis sich die Haare ablösen ließen. Bei anderen Arbeiten mit Rohhaut (LOBISSER 2006) war mir aufgefallen, dass in Längsrichtung der Haut eines Tieres geschnittene Riemen weniger nachgaben als solche, die quer geschnitten wurden. Aus diesem Grund habe ich die Riemen in Längsrichtung geschnitten. Am besten ließen sich die Riemen schneiden, wenn die Haut halbtrocken war. Dann war das Material bei weitem nicht so hart wie eine trockene Haut, aber steif genug, um sich unter dem Messer nicht zu verwinden. Die Riemen waren zwischen 6 und 15 mm stark und teilweise bis zu 2 m lang. Vor der Verwendung als Bindematerial wurden die Riemen etwa eine halbe Stunde in handwarmem Wasser eingeweicht.

Nun wurden alle Bestandteile des Wagenkastens durch Rohhautriemen miteinander verbunden (Abb. 6), man könnte auch sagen vernäht, wobei sich dekorative Muster ergaben. Wo es notwendig und sinnvoll war, wurden Teile des Kastens – vor allem die Bretter – mit Löchern für die Hautriemen versehen. Diese Löcher konnten mit Pfriemen oder mit Bohrern aus Bronze angefertigt werden. Ein Versuch zeigte mir, dass man kleinere Löcher auch gut mit heißen Bronzedornen einbrennen hätte können. Auch die Haltestange und die Keile der Zapfenschlossverbindungen am Basisrahmen wurden durch strenge Rohhautwicklungen gesichert, genauso die Bodenbretter und die seitlichen Bügel der Kastenwände. So entstand ein sehr kompakter Wagenkasten, der durch nur vier Bindungen mit stärkeren Riemen am Achsen-Deichsel-Kreuz befestigt werden konnte und der dabei auch diese beiden Konstruktionselemente gegeneinander stabilisierte.

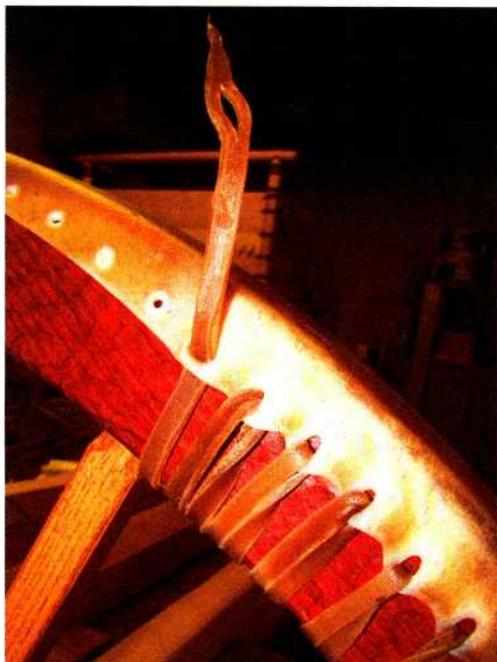


Abb. 7: Die Rohhautauflagen der Wagenräder wurden seitlich gelocht, in Wasser eingeweicht und mit dünnen Rohhautstreifen auf die Holzfelgen genäht. – The raw-hide cover of the wheels was sewn on the wooden rims with thin raw hide strips.

Felgenbeläge aus Rohhaut

Bei den Rädern wurden in einem ersten Arbeitsschritt die Enden der Felgensegmente durch etwa 5 cm breite enge Querschnitte mit dünnen Riemen verstärkt. Die Hautstreifen für die Felgenbeläge hatten eine Breite von 7 cm und wurden an ihren Rändern im Abstand von 2,5 cm mit kleinen Löchern versehen. Nun konnten die gut geweichten Stücke mit dünnen Riemen auf die Felgen genäht werden (Abb. 7). Die geweichte Haut gab dabei etwas nach und passte sich so perfekt an das Trägermaterial an. War ein Nähriemen zu Ende, konnte er unkompliziert mit einer Doppelschlaufenverbindung verlängert werden. Das hatte den Vorteil, dass ich nie zu lange Riemen durch die einzelnen Löcher fädeln musste. Nach dem

Trocknen wurden sowohl die Felgenbeläge als auch die Nähriemen knochenhart und man kann sich gut vorstellen, dass derart bewehrte Felgen auch auf steinigen Böden eingesetzt werden konnten.

Jochstange und Jochgabeln

Bei mehreren Wagengräbern der Streitwagengruppen kann man aus den Positionen der Pferdeköpfe in den Gräbern auf die Verwendung von Jochstangen schließen. Auch Felsbilder zeigen diese Form der Anschirrung (vgl. DÉVLET, DÉVLET 2004). Der äußerst gut erhaltene spätbronzezeitliche Wagen aus Theben weist eine doppelt geschwungene Jochstange mit zwei anpassenden Jochgabeln auf (HEROLD 2004, 126). Man darf davon ausgehen, dass auch die Jochstangen der Sintašta-Kultur rein von ihrer Funktionalität her ähnliche Merkmale aufgewiesen haben. Aus Eschenholz habe ich eine doppelt geschwungene Jochstange mit rundem Querschnitt und zwei aus jeweils zwei Halbbügeln bestehende Jochgabeln geschnitzt, deren Teile ebenfalls mit Rohhautstreifen zusammengenäht wurden (Abb. 8). Im vorderen Bereich der Wagendeichsel habe ich einen Jochnagel angebracht, hinter dem die Jochstange durch Riemen befestigt werden konnte, so dass sich der Zug des Joches automatisch auf den Wagen übertrug. Nach dem gleichen Prinzip funktionierte die Befestigung der Jochgabeln am Joch.

Plattenförmige Trensenknebel

Trensenknebel, auch als Psalien bezeichnet, spielten eine wichtige Rolle bei der Beschirrung der Zugtiere. Der Kiefer vom Pferd weist zwischen Schneide- und Backenzähnen Lücken auf, die offensichtlich seit der Bronzezeit dafür genutzt wurden, um hier die querliegenden Mundstücke der Trensen zu positionieren, die links und rechts mit den beiden Trensenkne-



Abb. 8: Die doppelt gewölbte Jochstange mit zwei anpassenden Jochgabeln. Die Gabeln konnten unten durch getrocknete Ochsenziemer geschlossen werden. – The double curved yoke with two fitting yoke forks. The forks could be closed on their lower ends with dried oxtails.

beln verbunden waren. Dabei sorgten die Knebel dafür, dass das Mundstück nicht verrutschen konnte. An den Knebeln wurden die Zugleinen befestigt, durch die der Wagenlenker Druck auf die Wangen und den sensiblen, zahnlosen Bereich der Pferdekiefer ausüben konnte, wodurch er dem Pferd seine Anweisungen mitteilen und es somit lenken konnte. Neben den Zugleinen wurden wahrscheinlich auch noch andere Bestandteile des Halfters an den Trensenknebeln befestigt, ergänzende Riemen, die quer über den Pferdekopf oder auch längsseitig verlaufen konnten. Die erhaltenen Trensenknebel aus der Zeit der Sintašta-Gräber wurden in der Regel aus Knochen oder Geweih geschnitzt. Viele der frühen Beinknebel sind entweder scheibenförmig oder halbrund mit einem dreieckigen Oberteil. Knebel wurden im Mittelbereich mit Lochungen versehen, wobei diese als zentrale Durchzüge dazu dienten, die Mundstücke zu befestigen. Oft zeigen sie weitere Bohrungen, die mit der Halterung der Knebel oder mit anderen Teilen des Halfters zusammenhängen mögen (vgl. EPIMACHOV, KORJAKOVA 2004, 224ff.). Manche For-

scher sehen in den Scheibenknebeln der Sintašta-Gräber die ältesten Zaumzeuge der Welt, wobei die Halfter am Beginn sehr einfach gewesen sein dürften und wohl nur aus einem umlaufenden Lederriemen bestanden (EPIMACHOV, KORJAKOVA 2004, 226). An den Innenseiten der Knebel finden sich in der frühen Zeit meist knobbenartige Erhöhungen, in der Literatur auch als „Stachel“ bezeichnet, die wohl die Sensibilität der Pferde auf gegebene Signale erhöhen sollten. Verzierungen finden sich eher selten. Um eine Schirring an den Pferdmodellen zeigen zu können, habe ich vier Trensenknebel aus Geweih angefertigt. Als Vorbild diente dabei ein Originalfund aus Toksanbai (SAMASEV, ERMOLAEVA, LOŠAKOVA 2013, 249, Abb. 6). Die Beinknebel wurden an ein Nüsternhalfter aus Leder genäht und derart an den Pferdeköpfen der Modelle montiert (Abb. 9).

Zusammenfassung und Auswertung

Streitwagen werden durch gemeinsame Merkmale wie Speichenräder, Zugpferde und Zaumzeugbestandteile aus Bein cha-

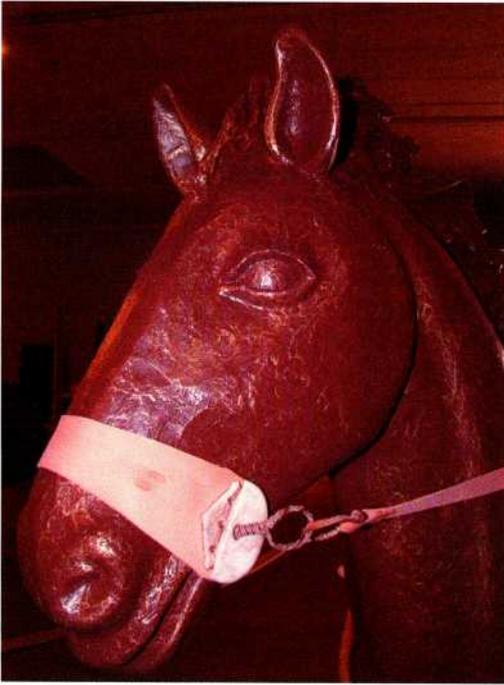


Abb. 9: Die rekonstruierten Trensenknebel aus Geweih bildeten den zentralen Bestandteil des Zaumzeugs. – The reconstructed shield cheekpieces of bone material built the central part of the bridles.

rakterisiert. Im südlichen Uralgebiet konnten mehrere Gräber der Sintašta-Kultur geborgen werden, die zweirädrige Wagen mit Speichenrädern enthielten und die in die Zeit um 2000 vor unserer Zeitrechnung datieren. Sie gehören somit zu den ältesten bekannten Wagen dieser Art. Für die Ausstellung „Unbekanntes Kasachstan - Archäologie im Herzen Asiens“ des deutschen Bergbaumuseums in Bochum wurde der Autor eingeladen, das Modell eines Sintašta-Wagens im Maßstab 1:1 zu bauen.

Auf der Basis der Wagengräberbefunde von Sintašta sollte ein idealisiertes Wagenmodell konstruiert werden. Da die bekannten Konstruktionsdetails aus Sintašta aber nicht ausreichten, um ein Wagenmodell zu entwickeln, habe ich auch Informationen aus anderen Wagen-

grabfunden herangezogen. Wir wollten ein einfaches Streitwagenmodell zeigen, welches jedoch theoretisch den Ansprüchen einer praktischen Verwendung gerecht werden sollte. Dabei habe ich darauf geachtet, dass alle Arbeitsschritte auch mit Bronzewerkzeugen durchgeführt werden konnten bzw. dass die gezeigten Oberflächen und die angewandten Holzverbindungstechniken bronzezeitlicher Technologie entsprachen. Für ausgewählte Experimente zu einzelnen Arbeitsschritten mit bronzezeitlicher Werkzeugtechnologie standen mir nachgebildete Werkzeuge der mitteleuropäischen Bronzezeit zur Verfügung.

Da sich abgelagertes Hartholz mit Werkzeugen aus Bronze nur schwer bearbeiten lässt, darf man davon ausgehen, dass Holz in der Bronzezeit in relativ frischem Zustand verarbeitet wurde. Darum habe ich alle Holzverbindungen des Wagenmodells so gestaltet, dass sie auch dann, wenn die einzelnen Bauteile beim Nachtrocknen etwas schwinden würden, ihre Stabilität nicht verloren. Da eine starre Konstruktion mit in sich versteiften Teilen den enormen Belastungen bei großer Geschwindigkeit wahrscheinlich nicht Stand gehalten hätte, sollten die einzelnen Bauelemente auch nach der Montage eine gewisse Elastizität behalten. Gesichert und stabilisiert wurden die Holzverbindungen letztlich durch Bindungen mit Rohhautstreifen, die in nassem Zustand verarbeitet wurden und die sich später beim Trocken zusammenzogen und erstaunlich hart wurden.

Das Wagenmodell wurde aus astfreiem, gerade gewachsenem Eschenholz gebaut. Nur für die Radnaben verwendete ich Eichenholz. Die Rohlinge für die Konstruktionsteile hätte man in der Bronzezeit mit Holzkeilen und Klopffhölzern aus frischem Holz spalten können. Die bekannt gewordenen Werkzeuge der Sintašta-Kultur umfassen Beilklingen, Messer, Meißel, Bohrer und Pflieme (GENING,

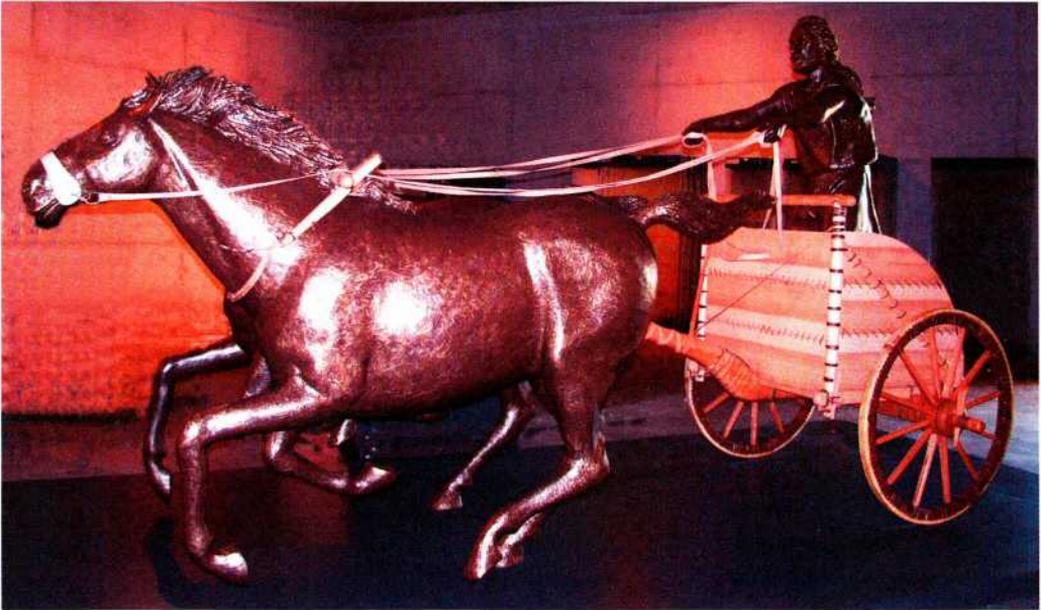


Abb. 10: Für die Ausstellung in Bochum wurden von Detlef Wölfel lebensgroße Modelle von zwei Pferden und einem Wagenlenker gefertigt. Auf diesem Bild ist die Art der Pferdeschirung gut zu erkennen. – For the exhibition in Bochum lifesize models of two horses and a chariot driver were built by Detlef Wölfel. This picture shows the way of attaching the harness to the horses.

ZDANOVICH, GENING 1992). Da man die sog. Beilklingen sowohl als Beile, wie auch als Dechseln oder als Stemmbeitel verwenden konnte (vgl. LOBISSER, BRAUN 2011, 159), hätte dieses Werkzeugspektrum wohl ausgereicht, damit alle Konstruktionsteile unseres Wagenmodells von einem erfahrenen Holzhandwerker angefertigt werden konnten. Es wurde vermutet, dass Streitwagen von hoch spezialisierten Handwerkern für eine elitäre Oberschicht angefertigt wurden (USACHUK 2002). Durch meine praktischen Arbeitsstudien mit Bronzewerkzeug kann ich nur bestätigen, dass der Bau von Streitwagen in der Bronzezeit in der Tat ein hohes Maß an handwerklicher Spezialisierung und Erfahrung erfordert haben muss. Das Ergebnis war ein Streitwagenmodell mit zwei Speichenrädern auf seitlich vorstehenden Radnaben, die auf einer starren Achse bewegt und durch zwei Achsennägel aus Holz gesichert werden konnten. Die Achse war mit einer wech-

selseitigen Überblattung direkt mit der vorne aufgewölbten Deichsel verbunden. Auf diesem Achsen-Deichsel-Kreuz wurde ein Wagenkasten mit Haltebügel und Seitenwänden mit Hilfe von vier starken Riemen so fixiert, dass der Basisrahmen des Kastens die gesamte Konstruktion des Wagens stabilisierte. Auf die Felgen des Wagens wurden Rohhautbahnen genäht, die sich nach dem Trocknen als sehr strapazierfähiger Schutz derselben erwiesen. Somit steht zu vermuten, dass Felgenbeläge aus Rohhaut lange Zeit als Vorläufer von Felgenkranzbewehrungen bzw. Radreifen aus Metall in Verwendung standen. Eine Jochstange mit zwei Jochgabeln ermöglichte es, zwei Pferde vor den Wagen zu spannen. Das fertig gestellte Wagenmodell war etwa 315 cm lang, 140 cm hoch und 175 cm breit. Sein Gewicht betrug ca. 50 kg. Insgesamt wurden für die gesamte Wagenkonstruktion etwa 0,1 Kubikmeter Holz sowie 2 Hirschhäute aufgewendet.

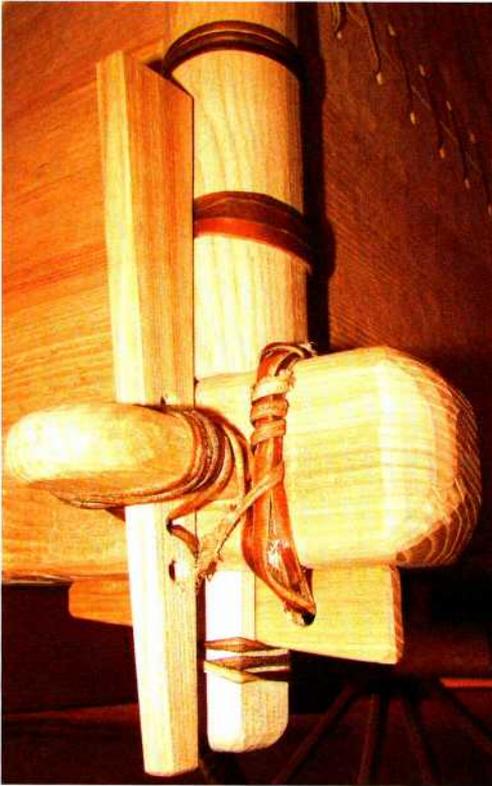


Abb. 11: Die Durchsteckzapfen des Wagenkastens wurden durch Zapfenschlösser mit Keilen, aber auch durch Rohhautbindungen gesichert. – The through-tenons of the chariot frame were fixed with key-wedges, as well as raw-hide bindings.

Um den Wagen möglichst lebensnah präsentieren zu können, wurden von Herrn Detlef Wölfel im Maßstab 1:1 Modelle von zwei Pferden in gestrecktem Galopp sowie von einem Wagenlenker angefertigt (Abb. 10). In der Ausstellung wurde der Wagen so inszeniert, als würde er von den zwei Pferden gezogen, die – dabei jeweils nur mit einem Bein den Boden berührend – in wilder Jagd auf die Besucher zu rasten. Dabei trugen die Zugpferde die Jochgabeln auf den Schultern, die unten vor ihren Brustbereichen von gebogenen Ochsenziemern geschlossen wurden. Die oben vorstehenden Dorne der Gabeln übertrugen die Zugkraft wie Hebel auf die

Jochstange und diese mit Hilfe des Jochnagels auf die Deichsel. Diese Verbindungen wurden durch Rohhautriemen gesichert, die dabei doch genug Bewegungsspielraum erlaubten. Frei am Wagen stehend hielt der Wagenlenker in beiden Händen die Zügel, die direkt mit den Trensenknebeln verbunden waren.

Streitwagen mussten auf jeden Fall äußerst strapazierfähig, dabei aber auch möglichst leicht sein, denn nur dadurch ließen sich hohe Geschwindigkeiten erreichen, ohne dass der Wagen beschädigt wurde. Bei modernen Trabrennen werden Durchschnittsgeschwindigkeiten von etwa 50 km/h erreicht (HOFMANN 1989, 334) und diese Geschwindigkeit hätte man vielleicht auch in der Bronzezeit erreichen können. Eine Wagenkonstruktion, bei der möglichst zart gearbeitete, biegsame Wagenteile durch Steckverbindungen und Keile fixiert und zusätzlich durch Rohhautbinden gesichert wurden (Abb. 11), sowie Wagenfelgen, die außen umlaufend mit dicker steifer Rohhaut bewehrt waren, hätten eine gute Voraussetzung dafür geboten. Ein Geheimnis der Streitwagen lag wohl in der raffinierten Kompositbauweise aus zwei unterschiedlichen Materialien, die einander in optimaler Art und Weise ergänzten. Das war einerseits biegsames Holz mit geraden, durchlaufenden Fasern und andererseits Rohhaut, die nach dem Trocknen eine enorme Härte erhielt, aber dabei dennoch elastisch blieb. Diese Kombination verlieh den Streitwagen ihre unglaubliche Funktionalität und mag ihre durchschlagende Wirkung erklären.

Die Lenker mussten sicher auch schwierige Wendemanöver auf engstem Raum durchführen können. Aus diesem Grund wählte man tendenziell mittelgroße Pferde aus. Vieles spricht dafür, dass man für diese Verwendung spezielle Rassen gezüchtet hat. Wahrscheinlich erforderte dieser Einsatz ein langjähriges Training der Tiere, das wohl bereits sehr früh be-

gonnen wurde und das auf eine sehr enge persönliche Bindung sowie auf ein großes Vertrauen zwischen Mensch und Tier abzielen musste. Die Erfindung des Zaumzeugs mit Trensenknebeln bildete eine wichtige Voraussetzung, um Streitwagenpferde effektiv leiten zu können. Bewegte der Wagenlenker die Zügel, übertrugen sich auch kleinste Signale – durch das Hebelgewicht der Trensenknebel verstärkt – unmittelbar auf die Pferde, welche dadurch sofort reagieren konnten. Trensenknebel aus Bein waren meiner Ansicht nach nicht nur rein technisch in hohem Maße funktional, sie waren durch ihre Form und ihr Gewicht auch spezielle Signalverstärker, die die Kommunikation zwischen Wagenlenker und Pferden innerhalb von Sekundenbruchteilen überhaupt erst ermöglichten. Wagenlenker und Zugpferde waren dabei ein eingespieltes Team, das wohl auch nicht ohne weiteres austauschbar war. Diese enge persönliche Bindung sollte in der geistigen Vorstellung der Menschen der Sintashta-Kultur wohl über das irdische Leben hinaus bestehen bleiben.

Dank

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Prof. Dr. Thomas Stöllner vom Deutschen Bergbaumuseum und all seinen Mitarbeitern, vor allem aber bei Detlef Wölfel, Manfred Linden, Gabriele Koerlin und bei Markus Schicht für die gute und konstruktive Zusammenarbeit bedanken. Alexander Gorelik und Anton Gontscharov danke ich – vor allem die russische Literatur betreffend – für ihre Unterstützung bei der Erschließung der Quellen. Weiter gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Zajnolla Samašev, der uns in Kasachstan mit großer Herzlichkeit aufgenommen und vielseitig unterstützt hat.

Literatur

- BAGLEY, R. 1999:** Shang Archaeology. In: M. Loewe, E. L. Shaughnessy (Hrsg.), *The Cambridge History of Ancient China – From the Origins of Civilisation to 221 B.C.* Cambridge 1999, 124-231.
- DEL FRANCIA, P. R. 2002:** Il carro di Firenze. In: M. C. Guidotti, (Hrsg.), *Il carro e le armi del Museo Egizio di Firenze. Materiali del Museo Egizio di Firenze 2.* Firenze 2002, 16-37.
- DÉVLET, M., DÉVLET, E. 2004:** Felsbilder mit Wagendarstellungen in Sibirien und Zentralasien. In: M. Fansa, S. Baumeister (Hrsg.), *Rad und Wagen – Der Ursprung einer Innovation – Wagen im Vorderen Orient und Europa.* Beiheft der Archäologischen Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Nr. 40. Oldenburg, Mainz 2004, 237-246.
- EPIMACHOV, A. 1996:** Kurgannyj mogil'nik Solce II – nékropol ukreplennogo posele'nija sredenibronzy Ust'ë. In: A. D. Tairov (Hrsg.), *Materialy po archeologii i ètnografii Južnogo Urala.* Čeljabinsk 1996, 22-41.
- EPIMACHOV, A., KORJAKOVA, L. 2004:** Streitwagen der eurasischen Steppe in der Bronzezeit: Das Wolga-Uralgebiet und Kasachstan. In: M. Fansa, S. Baumeister (Hrsg.), *Rad und Wagen – Der Ursprung einer Innovation – Wagen im Vorderen Orient und Europa.* Beiheft der Archäologischen Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Nr. 40. Oldenburg, Mainz 2004, 221-236.
- GENING, V. F., ZDANOVICH, G. B., GENING, V. V. 1992:** Sintashta – Archaeological Sites of Aryan Tribes of the Ural-Kazakh Steppes. Chelyabinsk 1992.
- GERNER, M. 1992:** Handwerkliche Holzverbindungen der Zimmerer. Stuttgart 1992.
- HEROLD, A. 2004:** Funde und Funktionen – Streitwagentechnologie im Alten Ägypten. In: M. Fansa, S. Baumeister (Hrsg.), *Rad und Wagen – Der Ursprung einer In-*

novation – Wagen im Vorderen Orient und Europa. Beiheft der Archäologischen Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Nr. 40. Oldenburg, Mainz 2004, 123-142.

HOFMANN, U. 1989: Fuhrwesen und Pferdehaltung im Alten Ägypten. Bonn 1989.

KOSINTSEV, P. A. 2010: The harness horse phenomenon – Chariot horses. In: B. C. Бочкарев et al. (Hrsg.), Кони, колесницы и колесничие степей Евразии, Екатеринбург-Самара-Донецк 2010, 55-79.

KUKUŠKIN, I. 2013: Streitwagen in Kasachstan und in den angrenzenden Gebieten. In: T. Stöllner, Z. Samašev (Hrsg.), Unbekanntes Kasachstan – Archäologie im Herzen Europas. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 192. Bochum 2013, 221-230.

KUZMINA, E. E., ET AL. 2007: The Origin of the Indo-Iranians. Leiden 2007.

LOBISSER, W. F. A. 2006: Experimentelle Versuche zum Nachbau von spätbronzezeitlichen Tragsäcken nach Vorbildern aus den prähistorischen Salzbergwerken in Hallstatt. Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2006, 51-65.

LOBISSER, W. F. A. 2008: Zur Rekonstruktion einer mittelbronzezeitlichen Befestigungsanlage der Terramare-Kultur in Montale, Italien. Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2008, 33-48.

LOBISSER, W. F. A., BRAUN, U. 2011: „Phönix aus der Asche“ – Zur Planung und Errichtung eines neuen Langhausmodells im Archäologischen Zentrum Hitzacker auf der Basis von bronzezeitlichen Befunden. Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2011, 143-161.

NOVOŽENOV, V. A. 1994: Naskal`nye izobraženija povozok Srednej i Central`noj Azii. Almaty 1994.

RAUSCH, W. 1899: Der Stellmacher – Ausführliche Beschreibung in der Stellmacherei und beim Bau von Last-, Handels- und Leichenwagen vorkommenden Arbeiten. Leipzig 1899 (Reprint Hannover 1993, Edition „libri rari“).

RINGGER, P. 1989: Ein Rad entsteht. In: B. Schüle, D. Studer, C. Oechslin (Hrsg.), Das Rad in der Schweiz vom 3. JT. vor Christus bis um 1850. Katalog zur Sonderausstellung des Schweizerischen Landesmuseums. Zürich 1989, 47-57.

SAMAŠEV, Z., ERMOLAEVA, A., LOŠAKOVA T. 2013: Die Siedlung Toksanbaj auf dem Ustjurt Plateau: Eine Kultur in der Wüste. In: T. Stöllner, Z. Samašev (Hrsg.), Unbekanntes Kasachstan – Archäologie im Herzen Europas. Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 192. Bochum 2013, 245-258.

USACHUK, A. N. 2002: Regional peculiarities of technology of the shield cheekpiece production. In: K. Jones-Bley, D. G. Zdanovich (Hrsg.), Complex Societies of Central Eurasia from the 3rd to the 1st Millenium BC. The Journal of Indo-European Studies Monograph 45. Washington DC 2002, 237-243.

VINOGRADOV, N. B. 2003: Mogil`nik bronzovogo veka Krivoje Ozero v Južnom Zaural'e (Das bronzezeitliche Gräberfeld Krivoje Ozero im südlichen Uralhinterland). Čeljabinsk 2003.

WAGNER, M., LEUBE, G. 2004: Wagenbestattungen im bronzezeitlichen China. In: M. Fansa, S. Baumeister (Hrsg.), Rad und Wagen – Der Ursprung einer Innovation – Wagen im Vorderen Orient und Europa. Beiheft der Archäologischen Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Nr. 40. Oldenburg, Mainz 2004, 107-122.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: nach GENING, ZDANOVICH, GENING 1992, 210, Abb. 111

Abb. 2-4: Fotos: A. Silva

Abb. 5-11: Fotos: W. F. A. Lobisser

Autor
Mag. Wolfgang F. A. Lobisser
VIAS – Vienna Institute for Archaeological
Science
Archäologiezentrum Universität Wien
Franz-Kleingasse 1
1190 Wien
Österreich
e-Mail: wolfgang.lobisser@univie.ac.at

Das Rekonstruktionsmodell einer idealisierten Bronzegusswerkstätte nach archäologischen Befunden der späten Bronzezeit im Freilichtbereich des Museums für Urgeschichte in Asparn an der Zaya in Niederösterreich

Michael Konrad, Wolfgang F. A. Lobisser

Summary – Reconstruction model of an idealized Late Bronze Age casting workshop in the Museum of Prehistory in Asparn in Lower Austria. *During our work on the idealized reconstruction model of a Late Bronze Age casting workshop in the archaeological open air museum in Asparn in Lower Austria, several questions were raised concerning the assembly of the equipment, as well as the amount of place that must have been necessary for a casting oven in the past. Other questions focused on how to use the space and how to arrange the tools for different working steps during the casting process.*

To gain some experience concerning these manners we started an empirical serial production for casting in so-called lost wax technique. The almost 60 bronze casts were structured in smaller study cases to get some results with altering ways of building the moulds with different mixtures of clay, sand and some other additives. In the course of these practical activities, we could define the most interesting measurable parameters for our casting experiments. The reconstruction model of the oven is mostly based on findings from around Salzburg in Austria. Our goal was to reconstruct a workshop for flexible use for bronze casting and forging, as well as for smelting copper ore. The casting experiments were carried out to gain basic information for the idealized reconstruction model in the museum, especially concerning the possible use of the inner space of the bronze workshop and the arrangement of equipment and tools around the oven. For us our practical bronze casting studies were an important step in understanding the matters and difficulties of organizing a bronze casting workshop.

Das archäologische Freilichtmuseum in
Asparn an der Zaya

Mit seiner Konzeption eines archäologischen Freilichtbereichs im Museum für Urgeschichte in Asparn an der Zaya in Niederösterreich gehört Franz Hampl zweifellos zu den großen Pionieren der prähistorischen Kulturvermittlung in Mittel-

europa. Als das Freilichtmuseum am 5. Juni 1970 eröffnet wurde, umfasste es elf Architekturmodelle von prähistorischen Bauten (HAMPL 1972). Präsentiert wurden Gebäudemodelle aus dem Paläolithikum, dem Jungneolithikum, der frühen Bronzezeit, der frühen Hallstattzeit sowie aus der späten Latènezeit. Auch die Nachfolger von Franz Hampl haben ihre Spuren im

Freilichtmuseum hinterlassen. Nicht nur, dass einzelne Architekturmodelle immer wieder in Stand gesetzt, umgebaut oder erneuert werden mussten, haben sie auch das Ensemble durch weitere, neue Architekturmodelle auf der Basis von aktuellen archäologischen Befunden erweitert und ergänzt (LAUERMANN 2013, 16ff.). Den mit der Zeit wachsenden Ansprüchen der Idee des archäologischen Experiments folgend spielte bei diesen Bauvorhaben der Einsatz von „authentischen“ Technologien eine zunehmend wichtigere Rolle. Dem Freilichtbereich war von Anfang an ein Versuchsgelände angegliedert, in dem seit mehr als 30 Jahren auch Lehrveranstaltungen der Universität Wien zur experimentellen Archäologie durchgeführt werden (KRENN-LEEB, LOBISSER, MEHOFFER 2011, 19ff.).

Es erscheint verständlich, dass im Frühjahr 2012 manche der archäologischen Rekonstruktionsmodelle – Gebäude, die vor allem aus Baumaterialien wie Holz, Lehm und Schilf bestanden – nach einer Benutzungsdauer von bis zu 48 Jahren schlicht und einfach am Ende ihrer natürlichen Lebenserwartung angekommen waren. Umso mehr, als viele der prähistorischen Bauten in Pfostenbauweise ausgeführt waren, deren tragende vertikale Konstruktionselemente man den archäologischen Vorbildern folgend in den Untergrund eingetieft hatte und die so den Holz zersetzenden Kräften des Bodens über viele Jahre ausgesetzt waren. Die Niederösterreichische Landesausstellung 2013 „Brot und Wein“, bei der Asparn an der Zaya mit dem Museum für Urgeschichte – nunmehr MAMUZ – eine tragende Rolle spielte, bot die Möglichkeit, das Freilichtgelände zu aktualisieren (vgl. LAUERMANN, PACHER 2013, 16), Reparaturen vorzunehmen und einige Gebäude neu und dem letzten Stand der archäologischen Forschung folgend zu errichten (PACHER 2013, 186ff.; LOBISSER 2014, 36ff.).

Praktische Experimente zum Bronzeguss

Im Rahmen dieser Bauarbeiten, die von der experimentellen Arbeitsgruppe des VIAS (Vienna Institute for Archaeological Science), einer interdisziplinären Forschungsinstitution der Universität Wien, durchgeführt wurden, war es möglich, mehrere praktische Experimente und Studien zu Bronzegussverfahren der späten Bronzezeit durchzuführen. Dabei war es unser erklärtes Ziel, eine idealisierte Bronzeverarbeitungswerkstätte einzurichten, die den Museumsbesuchern alle zur Erzeugung von gegossenen und geschmiedeten Bronzeartikeln notwendigen Arbeitsschritte in anschaulicher Art und Weise vor Augen führen konnte. Aber wie dürfen wir uns einen derartigen Werkstättenbereich vorstellen, wo es dazu nur



Abb. 1: Um Wachsmodelle in beliebiger Menge herstellen zu können, haben wir unsere Objekte zuerst aus Ahornholz geschnitzt und mit diesen Holzformen eigene Gussformen für die Wachsmodelle angefertigt. – To produce a broad range of wax models, we first carved our objects in maple wood and made special moulds for the wax preforms.

wenige und sehr fragmentierte archäologische Befunde gibt? Um uns eine bessere Vorstellung von diesen Arbeitsschritten und vom logistischen Ablauf derselben zu erarbeiten, haben wir zu diesem Themenbereich zahlreiche Vorversuche durchgeführt, die im Folgenden vorgestellt werden sollen. Dabei haben uns auch ethnologische Vorbilder inspiriert (vgl. ARMBRUSTER 2005, 197ff.).

Da wir aus der späten Bronzezeit europaweit nur relativ wenige Fragmente von Gussformen aus Lehm, Stein oder gelegentlich auch Bronze kennen (vgl. WEIDMANN 1981, 218ff.), lag unser Hauptaugenmerk auf dem Guss in verlorener Form (Abb. 1). So haben wir uns bemüht, auf der Basis der bekannten archäologischen Befunde zu diesem Forschungsbereich effektive Gussverfahren zu entwickeln, bei denen so gut wie keine archäologisch relevanten Reste von den Lehmformen übrig bleiben würden. Im Rahmen dieser Versuchsreihen wurden unterschiedliche Methoden zum Bau von Wachsmodellen getestet und verschiedenste Lehmmischungen für den Formenbau ausprobiert. Bei mehr als 60 Probegüssen hatten wir Gelegenheit mit unterschiedlichen Anordnungen von Esse, Gebläse, vorgeheizten Formen, Standort des Gießers usw. zu experimentieren und dabei auch in allen Stadien der Gussprozesse Temperaturen zu messen. Die Ergebnisse dieser groß angelegten Versuchsreihe zum Bronzeguss werden zur Zeit von Michael Konrad im Detail ausgewertet.

In Bezug auf die Werkstatt in Asparn versetzten sie uns in die Lage, den Arbeitsbereich im Inneren des Gebäudes so zu gestalten, dass er die innere Logik der Werkprozesse auf der Basis unserer praktischen Erfahrungen spiegelt. Präsentiert werden dabei neben einer eingetieften Esse mit Lehmwandung, die sich an einem archäologischen Befund auf dem Falkenstein bei Krimml orientiert (vgl.

HELL 1963, 3ff.), Düsen, Gusstiegel, Gussformen und Blasebälge, Mobiliar aus Holz sowie verschiedene Werkzeuge und Gerätschaften. Ein eigener Bereich zeigt die Herstellung von Wachsmodellen, ein anderer die Weiterverarbeitung der Rohgüsse zu Fertigprodukten mit Tüllenhammer, Steckamboss und anderen Werkzeugen. Die Reste der Lehmformen unserer Gussversuche haben wir direkt vor dem Gebäude deponiert, um so im Sinne eines Langzeitversuchs die langsame Zersetzung derselben beobachten zu können.

Befund und Rekonstruktion des Gebäudes

Unser Architekturmodell einer Buntmetallwerkstätte der späten Bronzezeit basiert auf einem archäologischen Befund aus Unterradlberg in Niederösterreich. Es handelt sich dabei um Haus 2 dieser relativ großen Ansiedlung, welches dem Typus der Zweijochbauten zugeordnet wurde und bei der Ausgrabung Ausmaße von 7,4 auf 3,8 m zeigte (ADAMETZ 2009, 10ff., Abb. 10). Zweijochbauten der späten Bronzezeit wurden Gebäuden des sog. „Vielzweck-Typs“ zugerechnet, der sowohl als Arbeits-, Schlaf-, Wohn- oder Speichergebäude genutzt worden sein könnte (MÜLLER 1986, 128, Abb. 1). Vieles spricht dafür, dass dieser klassische Zwölfpfostenbau in der späten Bronzezeit ein Satteldach getragen hat. Man kann sich gut vorstellen, dass Bronze verarbeitende Werkstätten in derartigen Haustypen untergebracht waren. Vielleicht war Haus 2 aus Unterradlberg gerade deshalb am Rand der Siedlung erbaut worden?

Als Bauplatz im Freilichtmuseum wurde ein annähernd ebener Bereich ausgewählt. Dort haben wir den Grundriss des Hauses befundgetreu auf den Boden übertragen, die Positionen für die Pfosten markiert und die Gruben für selbige etwa 80 cm tief ausgehoben, wobei wir bei den

Firstpfosten noch etwas tiefer gingen. Die Pfosten selbst fertigten wir aus runden Eichenstämmen mit Durchmesser von bis zu 30 cm. Die Längen für die Pfosten wurden so gewählt, dass sich bei einem Dachneigungswinkel von annähernd 45 Grad innen direkt neben den Seitenwänden eine Raumhöhe von etwa 2 m ergab. Um gute Auflager für die Pfettenbäume zu erhalten, wurden die oberen Enden der Pfosten in Richtung der Hauptachse des Hauses halbrund ausgearbeitet, wobei wir die wechselnden Durchmesser der Pfetten durch vertikale Zirkelschläge angezeichnet und so individuell angepasst haben.

Ein Dachstuhl aus Rofen und Latten mit Lärchenschindeldeckung

Auf die Fußpfetten setzten wir unmittelbar neben den Pfosten mit vier waagerechten Konstruktionshölzern eine Lage von Querbalken, die mittig durch halbrunde Ausnehmungen an die Firstpfosten angepasst wurden und so einerseits die gesamte Konstruktion miteinander verbanden, andererseits aber auch als Unterlager für einen partiellen Zwischenboden im Gebäude dienten. Der Dachstuhl selbst wurde von acht Rofenpaaren gebildet, die mit halbrunden Ausnehmungen auf den Pfetten aufsitzen, mit Holznägeln gesichert wurden und ihrerseits als Träger für die Lattenhölzer dienten, die in gleicher Art und Weise aufgebracht wurden.

Bei der Anfertigung der halbrunden Ausnehmungen mit Werkzeugen aus Bronze hat sich gezeigt, dass sich die Bauhölzer, deren Fälldatum zu dieser Zeit bereits etwa sechs Monate zurück lag, deutlich schwerer bearbeiten ließen als bei unseren Vorversuchen am frischen Holz. Das galt vor allem für das harte Eichenholz der Pfosten, aber auch für die Konstruktionshölzer des Dachstuhls aus Fichte. Dennoch war die Ausformung der Holzverbindungsselemente mit Lappenbeilen

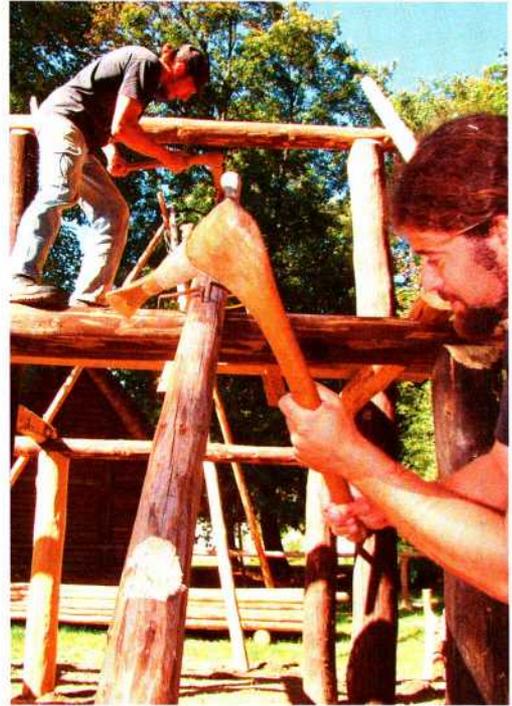


Abb. 2: Die gewölbten Schneiden der Bronzebeile waren gut geeignet, um halbrunde Verbindungselemente an den Bauhölzern zu formen. – The curved blades of our bronze axes turned out to be very useful for carving round shaped joints on the construction woods.

und Meißeln problemlos möglich. Die gewölbten Schneiden der Bronzeklingen erwiesen sich dabei sogar als besonders gut geeignet, um die halbrunden Ausnehmungen der Anpassungen auszuarbeiten (Abb. 2). Es scheint, dass die Formen der Bronzeschneiden im Laufe ihrer Entwicklung perfekt auf diese Art der Holzverbindungen abgestimmt wurden. Aber wir dürfen festhalten, dass die Menschen der Bronzezeit bei ihrer Bauplanung ein großes Interesse daran gehabt haben mussten, Bauhölzer möglichst bald nach dem Fälldatum zu verbauen, da der Arbeitsaufwand kontinuierlich mit der Lagerzeit der Hölzer anstieg und damit auch die Gefahr, dass die Werkzeuge dabei Schaden nehmen konnten.

Unsere Spaltschindeln aus Lärchenholz

wiesen Längen von ca. 70 cm auf und wurden in doppelten Lagen an den Latten des Dachstuhls befestigt, wobei wir darauf achteten, dass die Fugen zwischen den einzelnen Schindeln der oberen Reihen jeweils mittig auf den unteren zu liegen kamen, so dass kein Regenwasser ins Innere des Gebäudes dringen konnte.

Flechtwerkwände mit Lehmewurf

Um zu verhindern, dass der Lehmewurf der Flechtwände Feuchtigkeit aus dem anstehenden Boden ziehen könnte, haben wir zwischen den Pfosten der Außenwände Schwellenhölzer aus Eiche in den Boden versenkt. In diese haben wir, wie oben, in die Unterseiten der Wandpfetten in regelmäßigen Abständen von etwa 40 cm Löcher eingearbeitet, um die vertikalen Elemente der Flechtwände mit Stärken von etwa 4 bis 5 cm an beiden Enden fixieren zu können. Anschließend wurden die Wandbereiche zwischen den Pfostenstellungen mit Flechtwerk aus Hasel geschlossen.

Dabei hat sich herausgestellt, dass Haselruten mit Wurzelenddurchmessern bis zu 3 cm am besten zu verarbeiten waren. Das entspricht etwa 2 bis 3 Jahre alten Trieben. Um die Wandbereiche inklusive der beiden Giebel und der partiellen Zwischenwand im Inneren schließen zu können, haben wir in etwa 2500 Laufmeter an Haselruten verbraucht. Wenn man nun die Strauchgürtel der umliegenden Wälder nach entsprechenden Haselruten absucht, wird man – ebenso wie wir – bald feststellen, dass es sehr schwierig ist, diese Menge an geeigneten Ruten in ihrem natürlichen Umfeld zu ernten, da sich in der Regel in jedem Haselbusch nur zwei bis fünf Triebe in der richtigen Stärke finden lassen. Viel einfacher wäre es für uns wohl gewesen, zwei bis drei Jahre vor Beginn der Bauarbeiten einfach alle Haselbüsche der Umgebung knapp oberhalb der Wurzelanläufe zu fällen.

Dann hätten wir sicher sein können, dass diese als Reaktion in großer Menge gleichmäßig dicke Triebe in der gewünschten Stärke ausgebildet hätten. Somit besteht Grund zu der Annahme, dass man in der Vergangenheit genau das auch gemacht hat. Durch bestimmte Manipulationen an lebenden Bäumen und Sträuchern hätte man ganz bewusst das Wachstum von bestimmten Hölzern beeinflussen können, um Baumaterial rechtzeitig in ausreichender Menge zur Verfügung zu haben. Das gilt nicht nur für Flechtmaterial, sondern grundsätzlich auch für alle übrigen Konstruktionshölzer für den Bau von Gebäuden, Gerätschaften und Werkzeugen. Man denke dabei nur an die aus Ast- und anhaftendem Stammbereich bestehenden Kniehölzer für die Beil- und Dechselfschäftungen. Die Flechtwände der Außenwände wurden mit Lehmewurf abgedichtet, wobei zwei Fensteröffnungen sowie ein Türbereich an der vorderen Giebelseite ausgespart wurden (*Abb. 3*).

Türblatt, Innengliederung und Zwischenboden

Den Türrahmen haben wir aus mit Bronzedeckeln rechteckig geformten Eichenstämmen gefügt, wobei die senkrechten Elemente durch rechteckige Zapfenverbindungen mit Schwelle und Türsturz verbunden und durch Holznägel gesichert wurden. Das Türblatt besteht aus flächig überarbeiteten Spaltbohlen und wurde durch zwei Gratleisten und Holznägel zusammengehalten. Als klassische Wendeböhlentür zeigt das Blatt links oben und unten zwei Zapfen, die in Schwelle und Türsturz eingelassen gewissermaßen als Scharnier fungierten. Durch einen Holzriegel kann die Tür auch versperrt werden.

Der Innenraum ist durch eine Flechtwand in zwei Bereiche gegliedert, wobei der kleinere Raum als Wohnbereich des

Handwerkers gedacht war und mit einer Bettstatt, Mobiliar, Keramik und Kleidungsstücken ausgestattet wurde. In diesem Bereich, der etwa ein Drittel der Hausinnenfläche ausmacht, haben wir als Isolation gegen den Untergrund einen Holzboden aus Halbstämmen eingebracht.

Nach oben hin wird der Raum durch eine Zwischendecke aus Rundhölzern abgegrenzt, die bis zur Mitte des vorderen Raumes reicht. Im vordersten Drittel des Werkstätengebäudes wurde auf einen Zwischenboden verzichtet, damit der Rauch der Bronzeießerei ungestört nach oben entweichen und durch die Giebel abziehen konnte.

Ein Gussofenbefund aus Salzburg

Als zentrales Element des Rekonstruktionsmodells darf wohl der Ofen selbst gelten. Dabei stützten wir uns auf einen archäologischen Befund aus Grube 8 am Falkenstein bei Krimml (HELL 1963, 6ff.). Der Grundriss des dort gefundenen Gebäudes ist zwar mit seinen Ausmaßen von 5 m Länge und 3,5 m Breite um einiges kürzer, aber die Raumaufteilung als „Werkstatt“ entspricht ziemlich gut der von uns umgesetzten Hausrekonstruktion. Die zusätzliche Länge des Befundes aus Unterradlberg wurde als Wohn- und Schlafbereich interpretiert, was sich in dem Zweijochbau auch gut darstellen ließ. Martin Hell beschrieb eine Herdgrube im Gebäudeinneren, welche sich mittig an der Südostseite des Gebäudes befand (HELL 1963, 7, Abb. 4). Die Dimensionen von 1,25 m Durchmesser und 0,2 m Eintiefung in den Boden haben wir im Maßstab 1:1 übernommen. Auf der Grundlage unserer Versuche haben wir die Herdgrube etwas rechts vom Türbereich platziert. Der Boden der Grube wurde mit Steinen gegen die vor Ort herrschende Bodenfeuchtigkeit isoliert. Um der Rekonstruktion eines Mehrzweckgrubenofens zu ent-



Abb. 3: Unser fertig gestelltes Werkstättenmodell in Pfostentechnik mit Flechtwerkswänden, Lehmewurf und Lärchenschindeldach. – Our finished workshop model in post technique with wicker-work walls, loam plaster and larch shingle roof.

sprechen, haben wir eine etwa 25 cm hohe Ofenwandung aus Lehm aufgezogen, welche sich zwar bei dem Befund nicht mehr nachweisen ließ, die aber nach unseren praktischen Erfahrungen sowohl für die Funktionen des Ofenmodells als Gussofen und als Kupferschmelzofen, aber auch zum Brennen der Formen bestens geeignet war. Als Düse verwendeten wir eine Winkeldüse, ein Typ, der durch verschiedene Funde belegt ist und in dieser Form schon mehrfach von verschiedenen experimentellen Gruppen erfolgreich eingesetzt worden ist (vgl. FASNACHT 1995, 240f.). Die von Martin Hell zu Tage geförderten Funde stützen die Annahme, dass diese Herdstelle regelmäßig als Gussofen für Bronzeverarbeitung genutzt wurde, ein Faktum welches vom Ausgräber stets betont wurde (HELL 1969, 5ff).

Ein spezielles Versuchsgelände

Da unsere Versuchsreihe vor allem dafür gedacht war, empirisch eine gute und in sich schlüssige Anordnung der einzelnen Tätigkeiten beim Gussprozess herauszufinden, haben wir ein eigenes Experimentiergelände eingerichtet. Für diesen



Abb. 4: Die gewünschten Gussobjekte wurden zuerst aus Bienenwachs geformt, das später aus den Lehmformen ausgeschmolzen werden konnte. – First our casting objects were formed out of beeswax that could later be melted out from the clay moulds.

Zweck wurde ein etwa gleichgroßer Bereich wie die spätere Werkstatt abgesteckt und mit Kies angeschüttet. Der Ofenbereich wurde im Zentrum dieser Fläche errichtet, um alle notwendigen Arbeiten in jeweils verschiedenen Anordnungen darum herum durchführen zu können. Eine separate Feuerstelle diente zum Brennen unserer Lehmformen. Mit Holzklötzen und Bänken wurden Arbeitsunterlagen für Modelbau und Formbau simuliert. Diese konnten relativ leicht immer wieder neu angeordnet und angepasst werden. Der Arbeitsbereich wurde auf zwei Seiten mit Strohmatte abgegrenzt, um auch ein Gefühl für den zur Verfügung stehenden Raum zu erhalten. Aufgrund der hohen Stückzahl an geplanten Güssen wurden nicht alle Arbeiten zwingend auf dem ausgesteckten Areal durchgeführt. Jedoch wurde der gesamte Arbeitsablauf vom Bau der Bienenwachsmodelle (Abb. 4) bis zur Nachbearbeitung der fertigen Bronzegüsse mehrmals in verschiedenen Anordnungen vor Ort durchgespielt. Dadurch erhielten wir letztlich die gewünschten Erkenntnisse, um die Anordnung der Arbeitsschritte mit allen

zugehörigen Werkzeugen und Gerätschaften in der Museumsrekonstruktion schlüssig darstellen zu können.

Verschiedene Gussreihen

Für die Inneneinrichtung des Werkstattmodells wollten wir möglichst viele Schaustücke selbst anfertigen, die im Zuge unserer Vorversuche zu den Arbeitsabläufen gegossen werden sollten. Dabei legten wir Wert darauf, alle notwendigen Arbeitsschritte zu visualisieren und auch die Bronzeobjekte in unterschiedlichen Stadien ihrer Fertigung zu präsentieren. Bezüglich der Gussverfahren entschieden wir uns, vor allem Güsse in verllorener Form zu zeigen, da dies nach aktuellem Forschungsstand wahrscheinlich wohl auch das am häufigsten angewendete Verfahren gewesen sein musste (Abb. 5-6). In weiterer Folge waren für uns auch die Abfälle dieses Gussverfahrens interessant, sowohl in der entstandenen Menge als auch der möglichen archäologischen Nachweisbarkeit. Um ein zügiges Arbeiten mit relativ großen Stückzahlen zu ermöglichen, haben wir uns für die Herstellung der Wachrohrlinge Gipsformen angefertigt. Man hätte diesbezüglich zwar auch die Rohlinge in feuchten Lehmplatten abformen und gießen können, doch hätte dies zwangsläufig einen wesentlich höheren Aufwand in der Vorbereitung bedeutet, der für unsere fachspezifischen Fragestellungen wenig relevant war. Mit unseren Formen waren wir in der Lage, die gewünschten Wachsmodele relativ schnell produzieren zu können, um genug Zeit für die eigentlichen Fragen des Experimentes zu haben. Ab dem Fertigungsschritt der Wachrohrlinge versuchten wir jedoch, weitgehend so zu arbeiten wie wir uns dies für die Bronzezeit vorstellen dürfen.

Da unsere nachgestellte Werkstatt die eines kleineren Dorfes darstellen sollte, haben wir bezüglich der Repliken eine



Abb. 5: Die gut getrockneten Lehmformen werden am Ofen behutsam erhitzt, um das Wachs ausschmelzen zu können. – The well dried clay moulds are carefully heated beside the oven to melt out the wax.

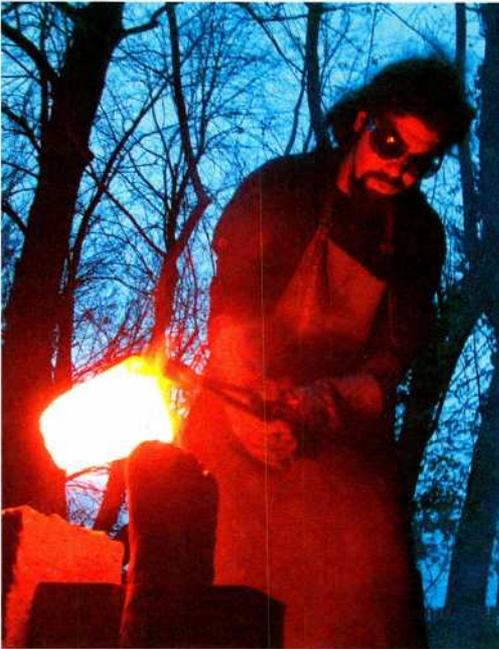


Abb. 6: Die heiße Bronze wurde in vorgeheizte Lehmformen gegossen. – Casting the hot bronze into the preheated moulds.

entsprechende Auswahl zusammengestellt. Den Großteil bildeten dabei Sicheln, verschiedene Messertypen, Rasiermesser und Nadeln (vgl. LAUERMANN, RAMMER

2013, 47ff.). Aber wir haben auch eine kleine Auswahl an Werkzeugen zur Bronzebearbeitung angefertigt, die aus Tüllenhämmern und Meißeln bestand. Um Wachsmodelle in beliebiger Anzahl anfertigen zu können, haben wir die gewünschten Gerätschaften aus Ahornholz geschnitzt, die dann abgeformt wurden (Abb. 1).

Das Formmaterial

Beim Formmaterial für die Gussformen probierten wir verschiedene Lehm- und Tonarten mit unterschiedlichen Magerungszuschlägen aus (vgl. GIESE, SCHWÄMMLE, TROMMER 2002, 93ff.). Ebenso haben wir unterschiedliche Aufbauten der Formen mit Schlickermaterial und Lehmmantelschichten getestet. Grundsätzlich verwendeten wir den vor Ort anstehenden Lehm aus Asparn, der sich zwar für die Herstellung von Keramik nur bedingt eignete, der sich aber für den Formenbau gut verarbeiten ließ. Unsere zwei hauptsächlich verwendeten Lehm-mischungen sollen nun kurz vorgestellt werden. Es hatte sich herausgestellt, dass dabei die Abmischung des äußeren Mantelmaterials eine geringere Rolle spielte als die Konsistenz des inneren Schlickers und die der Schichten des Aufbaues im Übergang von Schlicker und Lehmmantel. Die Anforderungen an das Mantelmaterial waren durch die relativ grobe Magerung und den hohen organischen Anteil gut erfüllt. Die Formen ließen sich relativ schnell trocknen, ohne Risse zu bilden. So bestand der Unterschied bei den meisten Formen hauptsächlich im unterschiedlichen Aufbau des Schlickermaterials im Inneren. Unsere Formen waren alle so konstruiert, dass neben den Einguss-trichtern sog. Gusspfeifen – Luftkanäle nach außen – das Austreten der in den Formen enthaltenen Luft ermöglichen sollten.

Lehmmischung 1: Hierbei wurde auf das Wachsmodel eine dünne Schlickerschicht aus reinem Lehm aufgetragen; nach kurzem Antrocknen wurde diese nun immer dickflüssiger aufgetragen bis das Wachsmodel letztlich mit ca. 0,5 cm Schlicker umhüllt war. Hierauf wurde nun eine relativ grob gemagerte Mantelmischung aus Lehm und Sand aufgetragen.

Lehmmischung 2: Bei diesem Aufbau wurde zuerst eine dünne Schicht mit sehr wässrigem Schlicker aufgezogen, die nach dem Antrocknen mit einer Schicht aus Holzkohlestaub überzogen wurde; dies wurde dreimal wiederholt, um die notwendige Stärke zu erreichen; danach wurde auch hier das Mantelmaterial gleicher Konsistenz aufgetragen.

Die Gussformen mit beiden Lehmmischungen konnten nach 2 Tagen Trocknungszeit bei vorausgehendem langsamen Anwärmen am Lagerfeuer gebrannt werden. Dabei zerbrachen lediglich 8 von den erstellten 65 Gussformen oder bekamen Risse, die eine praktische Verwendung unmöglich machten. Dies geschah jedoch meist durch zu großen Druck der Zange, die zum Wenden eingesetzt wurde. Drei Versuche, Ambosse zu gießen, scheiterten letztlich an zu dünnen Formmänteln, in Relation zu Größe und Gewicht der geplanten Gussstücke betrachtet.

Wie sich dann bei den praktischen Güssen herausstellte, war die Schlickerung der Innenstruktur bei Lehmmischung 1 nicht ideal. Sie verband sich weder gut mit dem weiteren Mantelmaterial, noch ermöglichte sie den nötigen Gas- und Luftabfluss nach außen hin, weil die Struktur dafür einfach zu dicht war. Das führte dazu, dass bei den mit diesen Formen erzeugten Güssen die Formen nur selten vollständig mit Bronze ausgefüllt wurden und auch die Oberflächen der erzielten Stücke Blasen aufwiesen (Abb. 7).



Abb. 7: Bei Lehmmischungen mit zu dichten Lehmmischungen wurden die Formen oft nicht vollständig von der Bronze ausgefüllt. – Clay moulds with very dense clay mixtures were not filled completely with bronze.



Abb. 8: Ausreichend organisch gemagerte Lehmmischungen erbrachten zufriedenstellende Bronzegüsse. – Clay moulds with enough organic additives delivered good bronze casts.

Nach mehreren Durchgängen mit demselben Ergebnis haben wir davon abgesehen, die restlichen so erstellten Formen zu brennen und zu gießen. Bei der Lehmmischung 2 waren abhängig von der Formtemperatur die Ergebnisse durchaus mit Originalgüssen vergleichbar (Abb. 8). Die Oberflächen mussten hier, abgesehen von wenigen Einschlüssen, kaum mehr überarbeitet werden.

Das Gussverfahren

Der Ablauf der Güsse war grundsätzlich zumeist sehr ähnlich, jedoch stellte sich heraus, dass es große Unterschiede bei den Gussergebnissen gab, die direkt von der jeweiligen Temperatur der vorgewärmten Gussformen abhingen. Die Formen wurden prinzipiell in einem kleinen offenen Feuer neben dem Gussofen gebrannt. Dann haben wir – je nach Größe – zwischen zwei und vier Formen nebeneinander aufgestellt und so positioniert, dass ihre Eingusstrichter genau nach oben zeigten. So konnten wir mit einer Schmelztiegelfüllung gleich mehrere Formen in einem Arbeitsschritt ausgießen. Durch das Aufstellen und Einrichten der Formen hatten diese auch noch genügend Zeit, um etwas abzukühlen.

Die besten Gussergebnisse ließen sich erreichen, wenn die Formen noch ca. 400°C heiß waren (vgl. GIESE, SCHWÄMMLE, TROMMER 2002, 93ff.). Bei höheren Temperaturen kam es öfter vor, dass nicht alle Gase entweichen konnten und so vermehrt Blasen an den Gussstücken auftraten. Bei zu niedrigen Temperaturen wurden nicht mehr alle Hohlräume der Formen ausgefüllt, weil die Bronze zu früh erkaltete und dabei ihre Fließigenschaften verlor. Gerade bei den relativ flachen Rasiermessermodellen geschah es mehrfach, dass die Bronze im Bereich der ganz unten liegenden Griffteile bereits zu stark abgekühlt war und diese in der Folge nicht mehr erreichen konnte. Das vorhergehende Brennen einiger Formen, die dann für den Gussprozess wieder aufgewärmt wurden, lieferte keine guten Ergebnisse, da hier die Temperatur der Gussformen zu unterschiedlich ausfiel. Vor allem war sie dabei zumeist nicht einmal bei einer Form in allen Bereichen konstant.

Die Temperatur des Ofens wurde stichprobenartig bei mehreren Gussvorgängen gemessen, bei den Lehmformen wurde

sie jedoch jedes Mal sowohl direkt nach dem Brennvorgang und auch kurz vor dem Guss selbst gemessen. Bei jedem Gussdurchgang wurde die Anordnung der einzelnen Bereiche leicht abgeändert, bis sie für unseren Bronzegießer optimal passten. Eine komplette Auswertung dieser Daten steht noch aus und wird in nächster Zeit zusammen mit den metallurgischen Untersuchungen vorgelegt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch die oftmalige Wiederholung der oben beschriebenen Abläufe in den unterschiedlichsten Anordnungen und Raumaufteilungen ergab sich bald ein schlüssiges Bild, wie man eine rekonstruierte Bronzeworkstätte einrichten könnte (Abb. 9). Da die Arbeiten hauptsächlich von immer derselben Person durchgeführt wurden, spielte dabei natürlich die persönliche Herangehensweise eine große Rolle. Jedoch folgte die gewählte Anordnung einem für den Besucher gut nachvollziehbaren logischen Aufbau, der sowohl die Reihenfolge der durchzuführenden Tätigkeiten, als auch den dabei notwendigen Platzbedarf berücksichtigte. So platzierten wir den Bereich der Nachbearbeitung so, dass genügend Licht durch das Fenster auf den Arbeitsplatz fiel. Der Bereich direkt unter dem Fenster wurde zur Herstellung der Wachsmodelle benutzt. Da der Raum in der Mitte geteilt wurde, um den Besuchern genug Platz zur Besichtigung zu geben, haben wir auch das Einformen der Wachsmodelle auf denselben Bereich gelegt. Beide Arbeitsschritte konnten dort gut verrichtet werden und würden wohl auch selten gleichzeitig stattfinden. Der Gussofen wurde in seiner Lage dem Befund am Falkenstein bei Kimml entsprechend annähernd in der Raummitte rekonstruiert (HELL 1963, 6ff.). In der Ecke blieb daher genügend Platz für die Blasbälge und für

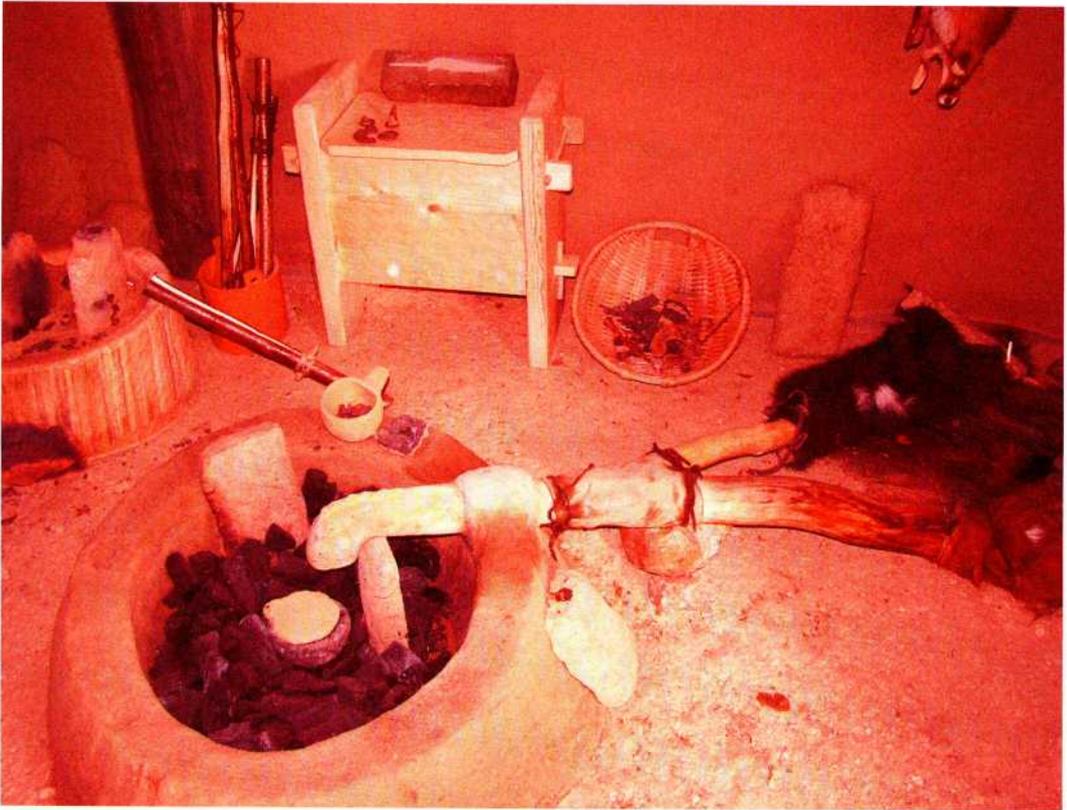


Abb. 9: Die Inneneinrichtung unserer rekonstruierten Bronzeverarbeitungsstätte mit Schmelzofen, Blasebälgen und anderen Werkzeugen. – The inner arrangement of our reconstructed bronze casting workshop with melting oven, leather bellows and other tools.

die Person, die diese bei der praktischen Verwendung betätigen konnte. Der Bronzegießer selbst hatte von seinem Standpunkt im Bereich der Raummitte jederzeit Zugriff auf die zu gießenden Formen und das Rohmaterial in Form von Kupfer- und Zinnstücken und konnte dabei auch alle notwendigen Werkzeuge bequem erreichen.

Lediglich die Feuerstelle zum Brennen der Formen musste dem Platzbedarf für den Besucherstrom weichen und wird nun außerhalb der Hütte gezeigt. In der Bronzezeit hätte man die Formen aber auch im Gussofen brennen können, wobei uns dies aber aufgrund der großen Temperaturschwankungen beim separaten Aufheizen der Formen keine gute Lösung zu sein schien.

Bezüglich der Lehmformen hat sich herausgestellt, dass die Gusspfeifen alleine nicht ausreichten, dass die in den Hohlräumen enthaltene Luft und die beim Guss entstehenden Gase schnell genug entweichen konnten. Darüber hinaus war es unabdingbar, dass das Material der Formenwände ebenfalls porös und möglichst luftdurchlässig war. Somit war ein Ergebnis unserer Versuchsreihe auf jeden Fall, dass unsere Güsse umso erfolgreicher ausfielen, je mehr organisches Material wir in den inneren Schlickerschichten in Form von Holzkohlenstaub eingebaut hatten. In letzter Konsequenz könnten wir uns auch vorstellen, dass es wahrscheinlich möglich wäre, bei entsprechend entwickeltem Formenbau eventuell ganz auf Gusspfeifen zu ver-



Abb. 10: Das Lehmmaterial der zerbrochenen Gussformen könnte bei einer archäologischen Ausgrabung leicht mit Hüttenlehm verwechselt werden. – During an archaeological excavation the clay rests of broken moulds could easily be interpreted as remains of burnt clay plaster.

zichten. Ein Geheimnis eines guten Bronzegusses lag offensichtlich darin, Formen zu bauen, die innen aus sehr feinem und damit gut zeichnendem Material bestanden, die aber trotzdem so aufgebaut waren, dass sie nicht luftdicht waren, sondern allfällige Gase schnell nach außen durchließen. Zusammensetzung und Aufbau der Formen mögen dabei bereits in der Bronzezeit als wertvolle Werkstättengeheimnisse gehütet worden sein, die man nicht ohne Weiteres an Außenstehende weitergegeben hat. Vielleicht hat man deshalb auch speziell darauf geachtet, dass keine Rückstände von den Lehmformen zurückblieben, aus denen Unbeteiligte, womöglich die Konkurrenten, eventuell Rückschlüsse auf den Formenbau tätigen hätten können. Zumindest wäre das ein möglicher Erklärungs-

ansatz, warum wir kaum Reste von Bronzegussformen aus Lehm aus dem Boden kennen.

Beim Gussprozess selbst waren dabei aber auch die jeweilige Temperatur der vorgeheizten Formen und natürlich die Temperatur der Bronze selbst von außerordentlicher Bedeutung. Da wir den vorher abgewogenen Zinnanteil immer erst ganz zum Schluss der Schmelze beifügten, was natürlich dazu führte, dass die Bronze wieder etwas an Temperatur verlor, brauchte es einige Erfahrung, bis wir dabei genau auf die gewünschten Hitzegrade kamen. Erst wenn alle diese Faktoren genau aufeinander abgestimmt waren, erzielten wir wirklich gute Gussergebnisse.

Was die erhaltenen Gussformen aus Stein- oder Bronzematerial betrifft, sollte

man vor diesem Hintergrund daran denken, ob es sich dabei nicht vielleicht eher um Formen handelte, die dazu dienten, Wachsrohlinge in größeren Mengen herstellen zu können, die man dann in Lehmformen packte und in weiterer Folge wieder ausgeschmolzen hat, um sie mit Bronze zu füllen. Da Formen aus Steinmaterial unserer Erfahrung nach zumeist nur wenigen Güssen standhalten, in ihrer Anfertigung aber sehr aufwendig sind, wäre das unserer Ansicht nach ein schlüssiger Interpretationsansatz. Und es würde auch erklären, warum im Verhältnis zu den erhaltenen Bronzen europaweit nur erstaunlich wenige Gussformen aus Stein bekannt geworden sind.

Die fertig gegossenen Formen haben wir links vor der Tür des Gebäudes zerschlagen, so dass hier ein Abfallhaufen aus Gussformbruchstücken entstand, der in der Zwischenzeit zwei Jahre lang der Witterung ausgesetzt war. Und bereits jetzt kann man erkennen, dass sich die Formen bis auf wenige besonders hoch gebrannte Stellen weitgehend auflösten, so dass man das aufbereitete Lehmmaterial problemlos wieder als Magerungszuschlag beim Bau von neuen Formen heranziehen könnte. Bei einer archäologischen Ausgrabung könnte dieser Haufen nur allzu leicht als Hüttenlehm interpretiert werden (*Abb. 10*), zumal nur die wenigsten Stücke eindeutige Gussabdrücke aufweisen. In der neuen Bronzeverarbeitungswerkstätte sollen in naher Zukunft weitere Versuche zum Bronzeguss folgen.

Literatur

- ADAMETZ, K. 2009:** Eine urnenfelderzeitliche Siedlung von Unterradlberg VB St. Pölten. Unpublizierte Diplomarbeit Universität Wien 2009.
- ARMBRUSTER, B. R. 2005:** Funktionale Analogien als Quellen für die Experimentelle Archäologie – Metalltechniken und Werkstätten aus Westafrika. Experimentelle Archäologie in Europa. Sonderband 1, 2005, 197-213.
- FASNACHT, W. 1995:** 4000 Jahre Kupfer- und Bronzeguß im Experiment. In: M. Fansa (Hrsg.), Experimentelle Archäologie. Bilanz 1994. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 8. Oldenburg 1995, 237-246.
- GIESE, E., SCHWÄMMLE, K., TROMMER, F. 2002:** Bronzeguss – Eine Versuchsreihe zur Technik des prähistorischen Bronzegusses unter dem besonderen Aspekt des Formenmaterials. Experimentelle Archäologie in Europa. Bilanz 2002, 93-106.
- HAMPL, F. 1972:** Das Museum für Urgeschichte des Landes Niederösterreich mit urgeschichtlichem Freilichtmuseum in Asparn an der Zaya. Katalog des Niederösterreichischen Landesmuseums Neue Folge 46. 2. Auflage. Wien 1972.
- HELL, M. 1963:** Die Ansiedlung der Bronzezeit auf dem Falkenstein bei Krimml in Salzburg. Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde 103, 1963, 3-23.
- HELL, M. 1969:** Wohnstellen der Bronzezeit in Salzburg-Stadt (Salzburg-Gnigl und Salzburg-Parsch). *Archaeologia Austriaca* 46, 1969, 5-18.
- KRENN-LEEB, A., LOBISSER, W. F. A., MEHOFER, M. 2011:** Experimentelle Archäologie an der Universität Wien. Theorie – Praxis – Vermittlung – Wissenschaft. Experimentelle Archäologie in Europa 10. Bilanz 2011, 17-33.
- LAUERMANN, E. 2013:** Das Museum für Urgeschichte in Asparn an der Zaya. Geschichte und Entwicklung des Museums und seines Freigeländes. In: E. Lauer-mann u. a. (Hrsg.), Das „jungsteinzeitliche“ Langhaus in Asparn an der Zaya – Urgeschichte zwischen Befund und Experiment. Archäologische Forschungen in Niederösterreich 11. St. Pölten 2013, 9-86.
- LAUERMANN, E., PACHER, M. 2013:** Das archäologische Freigelände im Museum für Urgeschichte in Asparn an der Zaya und

seine Entwicklung. Archäologie Österreichs 24/2, 2013, 2-21.

LAUERMANN, E., RAMMER, E. 2013: Die urnenfelderzeitlichen Metallhortfunde Niederösterreichs. In: E. Lauer mann, P. Trebsche (Hrsg.), Beiträge zum Tag der Niederösterreichischen Landesarchäologie 2013. Katalog des Niederösterreichischen Landesmuseums Neue Folge 513. Asparn an der Zaya 2013, 47-54.

LOBISSER, W. F. A. 2014: Experimentelle Archäologie in der Urgeschichte – Zur Neugestaltung des archäologischen Freilichtbereichs im Urgeschichtemuseum des Landes Niederösterreich in Asparn an der Zaya. Acta Carnuntina 4/2, 2014, 36-51.

MÜLLER, U. 1986: Studien zu den Gebäuden der späten Bronzezeit und Urnenfelderkultur im erweiterten Mitteleuropa. Unpublizierte Dissertation Universität Berlin, 1986.

PACHER, M. W. 2013: Das archäologische Freigelände des Urgeschichtemuseums als Träger moderner Wissensvermittlung mit kultur touristischer Relevanz. In: E. Lauer mann u. a. (Hrsg.), Das „jungsteinzeitliche“ Langhaus in Asparn an der Zaya – Urgeschichte zwischen Befund und Experiment. Archäologische Forschungen in Niederösterreich 11. St. Pölten 2013, 186-196.

SPERBER, L. 2000: Zum Grab eines spätbronzezeitlichen Metallhandwerkers von Lachen-Speyerdorf, Stadt Neustadt a. d. Weinstraße. Archäologisches Korrespondenzblatt 30, 2000, 383-402.

WEIDMANN, T. 1981: Bronzegussformen des unteren Zürichseebeckens. Helvetia Archaeologica 12, 1981, 218-230.

ZIMMERMANN, E. J., u. A. 2002: Zurück zur Gussform! Zum Einfluss des Gussformmaterials auf die Mikrostruktur eines gegossenen Bronzeobjektes. In: Experimentelle Archäologie in Europa. Bilanz 2002, 79-91.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-10: W. F. A. Lobisser/VIAS – Universität Wien

Autoren

Cand. Phil. Michael Konrad
Institut für Urgeschichte und
Historische Archäologie
Archäologiezentrum Wien
Franz Klein-Gasse 1
1190 Wien
Österreich

Mag. Wolfgang F. A. Lobisser
VIAS – Vienna Institute for
Archaeological Science
Archäologiezentrum Wien
Franz Klein-Gasse 1
1190 Wien
Österreich

Die Antike Steindrehbank – Eine vergessene Maschine wird rekonstruiert

Thomas Flügen

Summary – The antique stone turning lathe – a forgotten machine reconstructed.

A group of stone monuments from the collection of the Archaeological Museum in Frankfurt showed typical machining marks, which indicate a manufacturing on the lathe. This largely unexplored stone processing technique has been investigated in many experiments. These investigations resulted in the reconstruction of an ancient stone lathe on which several typically ancient objects have already been recreated. This essay reports on these experiments and the resulting reconstruction of the stone lathe. Furthermore, a comprehensive overview of the developmental history and the history of research concerning this issue complete the article.

Einleitung

Werkzeugfunde aus römischer Zeit sind sicherlich nicht alltäglich, dennoch lassen sich diese in entsprechenden archäologischen Sammlungen in ausreichender Zahl finden. Ergänzt werden diese Funde durch Werkzeugdarstellungen auf Steindenkmälern oder Wandmalereien. Selbst komplexe Maschinen wie Steinsägen oder große Baukräne finden sich in diesen Darstellungen. Auch antike Texte geben Auskunft über den Einsatz von Materialien und Werkzeugen der Handwerker. So lässt sich in vielen Fällen ein recht detailliertes Bild unterschiedlicher Handwerkstechniken rekonstruieren.

Für die Technik der bis dahin nur wenig beachteten antiken Steindreherei ist aber fast keine dieser Quellen tauglich. Alleine die Herstellungsspuren an den jeweiligen Steinen lassen keinen Zweifel zu, dass diese auf einer Drehbank bearbeitet wurden. Diese ausschließlich runden, sym-

metrischen und mit großer Präzision gearbeiteten Steine zeigen auf der Oberfläche oftmals deutliche Drehrillen. Sucht man jetzt aber die Maschine dazu, findet man weder eine Abbildung, Beschreibung oder Teile eines solchen Originals. Einzig eine Textstelle in der von Plinius Secundus d. Ä. verfassten *Naturalis Historia* gibt einen Hinweis auf diese Technik: „Nun genug vom Labyrinth von Kreta. Dasjenige von Lemnos war diesem ähnlich, bestach aber vor allem durch seine 150 Säulen, deren Trommeln in der Werkstatt so ausgewogen aufgehängt worden sind, dass sie ein Jüngling drehen konnte,...“ (*Nat. Hist.* Buch XXXVI, Kap. XIX).

Gerade diese dürftige Quellenlage führte am Archäologischen Museum Frankfurt dazu, sich der Rekonstruktion einer solchen antiken Steindrehbank zu widmen (FLÜGEN 2012). Grundlage hierfür bildeten die Erkenntnisse, die aus der Sammlung römischer Steindenkmäler des Museums gewonnen werden konnten. Hier konnten

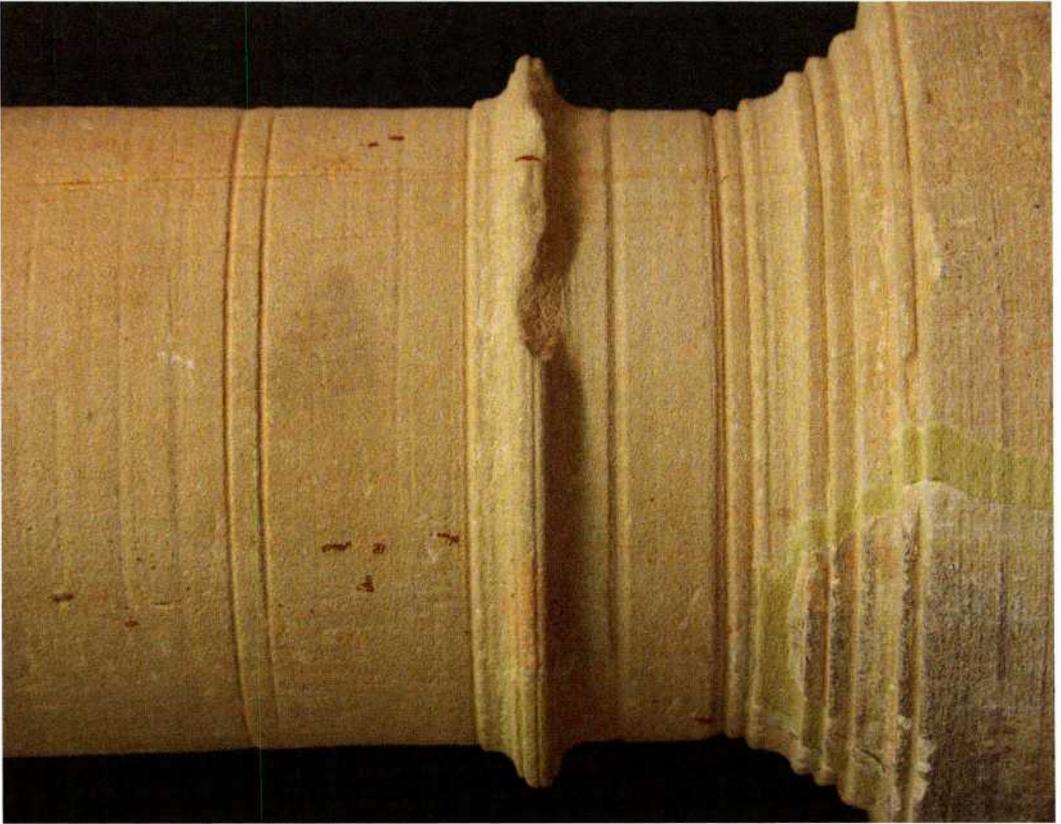


Abb. 1: Feine Profilierung und Drehrillen sind charakteristische Merkmale der Steinbearbeitung auf der Drehbank. Hier zu sehen auf dem Standfuß eines römischen Kellertisches (Inv.-Nr.: x2504b). – Fine profiling and grooves are distinctive of manufacturing stones on the lathe, in this case on the base of a Roman basement table.

mehr als siebenzig Steindenkmäler identifiziert werden, die auf einer Drehbank bearbeitet worden sind. Charakteristisch an diesen Steinen ist, neben den umlaufenden Rillen, auch die feine Profilierung (Abb. 1), die man von anderen Materialien wie Holz und Metall her kennt, wenn sie abgedreht worden sind. Die Steine lassen sich meist den Architekturfragmenten und den Weihedenkmälern zuordnen. Eine spezielle Form stellen die römischen Kellertische dar. Deren runde Tischplatten mit jeweiligem, in Form einer tuskischen Säule gearbeitetem, Standfuß sind vollständig mit einem Drehmeißel geglättet worden. Die Ergebnisse der Untersuchung der Frankfurter Sammlung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Der größte Stein ist 1,70 m lang, der breiteste 1,10 m und der schwerste ca. 500 kg schwer. Das Steinmaterial, meist gröberer Konglomerat-Sandstein oder feinerer Buntsandstein, entspricht dem der übrigen Frankfurter Sammlung. Alle Steine haben auf ihren erhaltenen Stirnseiten im Zentrum ein quadratisches Zapfloch. Diese Zapflöcher sind für den weiteren Fertigungsprozess von entscheidender Bedeutung. Eine antike Beschreibung in Vitruvs „Zehn Bücher über Architektur“ (Vitruv, Buch X, Kap. II, Absatz XI), die sich zwar nicht direkt auf die Steindreherei bezieht, erklärt deren Verwendung: „In die Enden der Säulenschäfte führte er mit Bleiverguss starke Eisenzapfen wie Spindeln ein. In das Holzgerüst fügt er eiserne

Ringe ein, die die Eisenzapfen umschließen sollten. (...) Die Eisenzapfen aber, in die Ringe eingelassen, bewegten sich ganz frei.“

Forschungsgeschichte

Nun ein kurzer Rückblick auf die Forschungsgeschichte: Der Architekt Leo von Klenze (VON KLENZE 1825) beschrieb 1825 in einem ausführlichen Aufsatz erstmals die Steindreherei anhand eines dorischen Säulenkapitells vom Zeustempel auf Aegina. Er zitiert Plinius, erkennt die sogenannten Zapflöcher auf Ober- und Unterseite des Kapitells als Teil des Herstellungsprozesses und vermutet aufgrund der hohen zu bewältigenden Masse eine Drehbank mit vertikaler Drehachse. Mit dieser Beschreibung nimmt er viele nachfolgende Autoren vorweg.

Es gab aber auch Verweigerer dieser Theorie. In seiner Darstellung über antike Technik widerspricht Hugo Blümner (BLÜMNER 1884, 215f.) der Interpretation von Leo von Klenze. Er bezweifelt die Aussagekraft des Plinius-Zitates und deutet die Zapflöcher als Dübellöcher.

Vielleicht lag ja darin der Grund, dass sich in all den darauffolgenden Jahren doch relativ wenige Forscher mit dem Thema der Steindrehbank beschäftigt haben. Blümners Werk wirkt bekanntlich bis in die heutige Zeit und wird gerne zu Fragen der antiken Technologie zitiert.

Die wenigen Forscher, die sich dennoch dem Thema widmeten, stellten die Steindrehbank nicht mehr in Frage, lassen sich aber aufgrund ihrer jeweiligen Rekonstruktion in zwei Gruppen einteilen.

Da sind zum einen diejenigen, die wie von Klenze den Stein auf der Drehbank vertikal gelagert sehen. Auf ihnen beruht die Idee der Rekonstruktion eines zirkelähnlichen Werkzeuges, welches um den Stein herumgeführt, die gewünschte Profilierung in die Oberfläche einschabt. Weitere Rekonstruktionen sehen Drehbänke

auf dem Prinzip einer Töpferscheibe basierend. Zur Stabilisierung werden diese z. T. mit aufwendigen Konstruktionen umbaut, auf Kugeln oder Rollen gelagert und mit verschiedenen Antrieben versehen. Eines ist aber allen Mitgliedern dieser Gruppe gemeinsam: Sie können sich nicht vorstellen, dass ein Stein von mehreren 100 kg oder gar von über einer Tonne zwischen zwei Achsen aufgehängt werden kann, ohne aus diesen auszubrechen.

Die andere Gruppe der Forscher kann sich aber genau dies vorstellen. Sie sieht die Steindrehbank in der Tradition der Holzdrehler und Metaldreher und somit einen auf der Drehbank horizontal gelagerten Stein. Unterstützt wird deren Theorie von einem Augenzeugenbericht, den der britische Archäologe Blagg (BLAGG 1976, 167f.) in seiner Publikation über römische Steinbearbeitung in Britannien wiedergibt: Dort werden auf der Insel Malta von einem Steinmetz Steinsäulen abgedreht. Als Drehbank dienen diesem zwei Steinblöcke, zwischen denen sich die Säulen drehen.



Abb. 2: Mit einem 1250 kg schweren Sandsteinblock wird nachgewiesen, dass auf der horizontalen Drehbank auch tonnenschwere Steine bearbeitet werden können. – A 1250 kg sandstone block proves that even stones weighing tons can be processed on the horizontal lathe.

Rekonstruktion der Steindrehbank

Am Archäologischen Museum Frankfurt entschied man sich dafür, die Variante mit horizontaler Drehachse zu rekonstruieren. Um zu überprüfen, ob auch tonnenschwere Steine dieser Positionierung auf einer Drehbank standhalten, wurde dies in einem ersten Experiment überprüft. Ein Stein mit einem Gewicht von 1250 kg, vergleichbar mit großen Tempelkapiteln, sollte über längere Zeit horizontal gelagert und bewegt werden (Abb. 2). Hierfür wurden Zapflöcher in die Stirnseiten des Steines gehauen und darin eiserne Wellen

mit Blei fixiert, wie dies schon Vitruv beschrieben hat. Anschließend wurde der Stein auf hölzerne Lager gelegt, die auf Steinblöcken ruhten. Ohne zu große Kraftanstrengung war es nun möglich, diese 1250 kg in eine Rollbewegung zu versetzen. Auch nach mehreren Durchläufen waren weder die Wellen aus den Zapflöchern ausgebrochen, noch hatten sich Risse im Stein gezeigt. Somit ließ sich festhalten: Es stellt kein technisches Problem dar, ein steinernes Werkstück mit großer Masse horizontal auf einer Drehbank zu positionieren und zu bewegen.

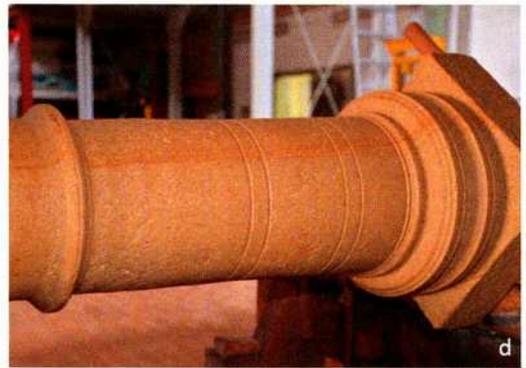
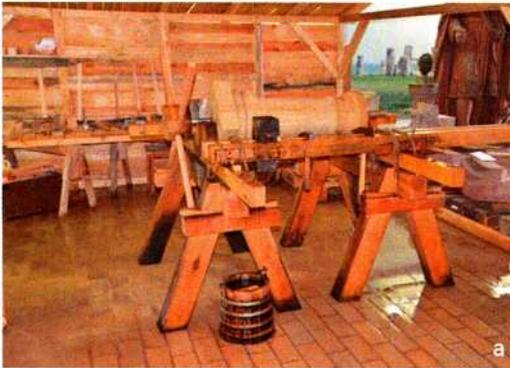


Abb. 3: a) Der Rohling einer Tischsäule auf der rekonstruierten Steindrehbank; b) Um den Rohling symmetrisch abzarbeiten, werden umlaufende Rillen in den Schaft eingeschliffen. Die Zwischenräume werden von Hand abgearbeitet; c) Mit dem waagrecht fixierten Flachmeißel wird die Oberfläche glattgeschliffen; d) Die fertiggestellte Tischsäule mit ihrer charakteristischen Profilierung. – a) The table column blank on the reconstructed stone lathe; b) To cut the piece symmetrically, circulating grooves are ground into the column; The intermediate spaces are worked manually; c) The surface is smoothed by using the horizontally-fixed flat chisel; d) The final table column with the characteristic profiling.

In weiteren Experimenten sollte nun ermittelt werden, welche Techniken zum Abdrehen von Stein am effektivsten sind und welche Anforderungen hierbei an die Drehbank gestellt werden müssen. Das Ergebnis aus den vielen Versuchen sieht nun wie folgt aus. Träger der Drehbank sind zwei aus Eichenholz gezimmerte Böcke. Diese sind für Gewichte bis ca. 500 kg ausreichend. Die beiden Lagerhölzer, in denen sich die Eisenwellen drehen, wurden separat aus Eichenholz gefertigt und mittig auf die Böcke gezapft. Mit Seilen und Keilen, die feucht gehalten wurden, wurde die hölzerne Maschine fixiert. Die Wellen, aus einem eisernen Vierkantstab hergestellt, entsprechen mit einem Durchmesser von 40 mm in ihrer Dimension den Zapflöchern unserer Sammlungsstücke. Diese werden zwar nur wenige Zentimeter tief im Stein eingebleit, sitzen aber dennoch ganz fest. Anschließend wird der Stein auf den Böcken positioniert. Als Antrieb wird auf einer der Wellen ein Antriebskruz montiert. In den Experimenten zeigte sich, dass ein kontinuierlicher Antrieb wenig sinnvoll ist, da hierbei die Gefahr besteht, dass sich das Werkzeug am Stein eher verkantet. Als viel sinnvoller erwies es sich, den Meißel knapp unterhalb des höchsten Punktes an den unebenen Stein heranzuführen und diesen mit einer kurzen Drehbewegung zu überwinden. Als Werkzeuge kamen zuerst unterschiedlich geformte Stahlmeißel zum Einsatz. Während der Experimente stellte sich aber heraus, dass diese Vielzahl nicht vonnöten war, da durch den Abrieb schnell ihre Form verloren ging. Von grundlegender Bedeutung ist die Erkenntnis, dass der Meißel beim Abdrehen des Steines unbedingt fixiert sein muss. Nur dann ist gewährleistet, dass dieser den Stein symmetrisch abarbeitet. Dagegen führt ein nicht fixierter Meißel, der automatisch immer nah am Stein geführt wird, zur Verstärkung von Unwuchten. Als Konsequenz daraus muss man für eine

Steindrehbank auch eine Meißel-Führung einplanen. Für die Rekonstruktion wurde diese aus einem massiven Eichenholzblock gefertigt, der zwischen zwei Holzbalken, parallel zum Werkstück, geführt wird. Die eigentliche Bearbeitung des Steines auf der Drehbank gliedert sich in mindestens zwei Arbeitsschritte (Abb. 3a-d). Im ersten Arbeitsschritt soll aus dem roh zugehauenen Stein ein symmetrisches Werkstück geschaffen werden. Hierzu kommt als Werkzeug ein spitz ausgeschmiedetes, gehärtetes Vierkanteisen anstelle eines Meißels zum Einsatz. Mit diesem werden nach und nach die Unebenheiten am Stein markiert, die dann von Hand mit der Steindechsel beseitigt werden. Mit leichten Hammerschlägen wird das Vierkanteisen in der Werkzeugführung dann an die nächste ausladende Stelle getrieben. Dieser Wechsel zwischen Markieren und Abarbeiten überstehenden Steinmaterials wird solange fortgesetzt, bis eine umlaufende Drehrille im Werkstück eingearbeitet ist. Nach und nach werden derartige Rillen an profilbestimmenden Positionen des Werkstücks eingearbeitet. Die dabei entstehenden Zwischenräume werden mit

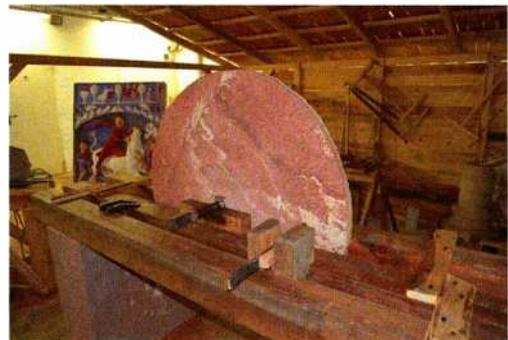


Abb. 4: Der Rohling einer Tischplatte aus Sandstein auf der Steindrehbank. Das Besondere ist hierbei, dass die beiden Lager auf der Werkzeugführung fixiert werden. – A sandstone tabletop blank on the stone lathe. In this case, both bearings are fixed on the tool guides.



Abb. 5: a) Säulen und Säulenbasen vom Heraion auf Samos; b) Dorisches Säulenkapitell von der Akropolis/Athen. – a) Columns and column bases from Heraion of Samos; b) Doric column capital from the Acropolis of Athens.

der Steindechsel auf die Tiefe der flankierenden Rillen abgearbeitet. So entsteht nach relativ kurzer Zeit, z. B. bei der Herstellung der Tischsäule etwa nach 4 Stunden, ein gleichmäßig gerundeter Säulenschaft. Im darauffolgenden Arbeitsschritt wird ein Flachmeißel waagrecht in die Werkzeugführung eingespannt, um die Steinoberfläche zu glätten. Mit seiner geraden Kante ist er besonders geeignet, um breitere Bahnen zu schleifen. Senkrecht gestellt kann der Flachmeißel Profile ausarbeiten, um dann im verbrauchten, abgerundeten Zustand die konvexen und konkaven Profilflächen zu glätten. Auch härteres Steinmaterial, z. B. Granite oder Vulkanite, können als Schleifwerkzeuge



Abb. 6: Gedrehte Architekturfragmente aus der Römischen Provinz. Hier zu sehen sind Säulenfragmente aus dem Apollo-Grannus-Tempel bei Neuenstadt a. K. – Lathed architectural fragments from a Roman province, in this case column fragments from the Apollo-Grannus Temple near Neuenstadt am Kocher, Germany.

eingesetzt werden. Aber auch bei diesen ist es wichtig, dass sie in der Werkzeugführung fixiert sind. Ziel aller weiteren Experimente an der rekonstruierten Steindrehbank wird es sein, jeweils einen Vertreter der typischen Formen wie Kapitell, Basis, Weihstein und Tisch (Abb. 4) herzustellen, um so die Feinheiten dieser Steinbearbeitungstechnik zu erforschen.

Alle Experimente wurden, der Frankfurter Sammlung entsprechend, mit Sandsteinen ausgeführt. Durch Wässern dieses Steinmaterials erzielt man eine deutlich bessere Bearbeitbarkeit. Kalksteine sollten im bruchfeuchten Zustand bearbeitet werden, da sie dann noch weich sind. An der Oberfläche erst einmal ausgehärtet wird es immer schwieriger werden, sie zu

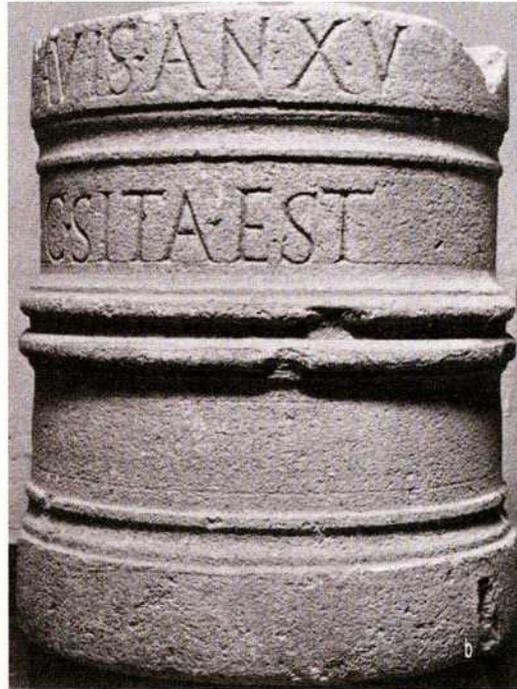


Abb. 7: a) Rekonstruktion der Großen Mainzer Jupitersäule. Teile dieses in den Nordprovinzen weitverbreiteten Denkmaltyps wurden auf der Steindrehbank hergestellt; b) Dieser römische Grabmaltyp findet sich in Mittelitalien. Charakteristisch für den Grabcippus ist seine symmetrische zylindrische Form, die deutlich auf die Fertigung auf der Drehbank hinweist. – a) Reconstruction of the Great Jupiter column of Mainz, Germany. Parts of this type of monument, which is common in the Northern provinces, were also processed on the stone lathe; b) This type of Roman tombs can be found in central Italy. The symmetrically cylindric shape is distinctive of the funerary cippus and strongly indicates a processing on the lathe.

bearbeiten. Ähnlich dürfte es sich bei Marmor verhalten.

Geschichte

Die Beschäftigung mit der antiken Steindreherei führt konsequenter Weise zu der Frage nach deren Ursprung. Dieser dürfte bei den Griechen, während des Baus des Heraion auf Samos im 6. Jahrhundert v. Chr., zu suchen sein. Der dort anstehende Kalkstein war bruchfrisch so weich, dass sich die Baumeister haben inspirieren lassen, dieses Material so zu bearbeiten wie man es bisher nur von Holz kannte (HENDRICH 2007). Das Ergebnis waren feinst profilierte Säulenbasen, die bis heu-

te nichts in ihrer Qualität eingebüßt haben (Abb. 5a). Diese neue Steinbearbeitungstechnik etablierte sich im griechischen Bauwesen und lässt sich z. B. an den Säulenkapitellen des Pantheons ablesen (Abb. 5b). Es ist daher nicht verwunderlich, dass in den folgenden Jahrhunderten sich die römischen Baumeister auch dieser Technik bedienten, um Architekturteile und andere Steindenkmäler auf der Drehbank zu fertigen. Bis an den Rand der römischen Provinzen setzte sich diese Art der Bearbeitung durch (Abb. 6). Es lässt sich sogar vermuten, dass spezielle Denkmaltypen ohne die Steindrehbank nie entstanden wären. Genannt seien hier etwa die Jupitergigantensäulen (Abb. 7a)



Abb. 8: Halbfabrikat eines Kapitells aus Tuffstein, gefunden in Pompeji. Die Ausarbeitung der Voluten und des Blattwerkes erfolgte im Anschluss von Hand. – *Semifinished capital from tuff found in Pompeii. The volutes and the leafage were to be added manually after the processing on the lathe.*

oder der Rundcippus (Abb. 7b), eine Grabmalform. Aber auch Architekturteile, die vom ersten Anschein nicht mit dieser Bearbeitungstechnik in Zusammenhang gebracht werden, wie z. B. mit Eckvoluten dekorierte Kapitelle (LAUTER-BUFE 1972), können ihren Ursprung in Halbfabrikaten haben, die auf der Drehbank gefertigt wurden (Abb. 8). Vermutlich kamen auch Vorstufen einer Drehbank in den antiken Steinhauerhütten zum Einsatz. Werksteine, die mit Wellen versehen und auf zwei Böcken gelagert sind, lassen sich auch auf konventionelle Art und Weise, mit Hammer und Meißel, wesentlich symmetrischer bearbeiten (Abb. 9). Dies könnte auch eine Erklärung dafür sein, dass gerade marmorne Säulenbasen zwar sehr genau gearbeitet sind, aber dennoch die feinen Drehrillen vermissen lassen. Diese entsprechen dann der Qualitätsstufe der Bearbeitung auf der Drehbank, bevor mit dem Meißel glattgeschliffen wurde.

Auffällig ist, dass vermutlich in der Spätantike und dem Frühen Mittelalter die Spuren der Drehmeißel an typischen Bauteilen verloren gehen. Dies lässt sich



Abb. 9: Neuzeitliche Kapitell-Fabrikation in einer Werkstatt in Carrara. Um die Kapitelle symmetrisch abzarbeiten, werden diese, mit Wellen versehen und auf zwei Böcken gelagert, bearbeitet. – *Modern capital from a workshop in Carrara. These capitals were equipped with mechanical waves and were mounted on two trestles in order to be processed symmetrically.*

z. B. an Säulenbasen aus der Kaiserpfalz Ingelheim (8. Jahrhundert) aufzeigen, die eindeutig nicht auf der Drehbank hergestellt wurden. Hier ist das allerdings nicht weiter verwunderlich, weil nördlich der Alpen die Steinbautechnik weitgehend in Vergessenheit geraten ist. Aber auch in Regionen, wo die Steinbearbeitung kontinuierlich weiter betrieben wurde, im gesamten Mittelmeerraum, fehlen Spuren dieser Technik. Zu erwähnen wären hier Säulenbasen aus dem 5. und 6. Jahrhundert aus Konstantinopel oder auch die Säulen des Tempio del Clitunno in Norditalien (6. Jahrhundert), die nicht auf abgedrehten Säulenbasen errichtet wurden. Während der darauffolgenden Jahrhunderte spielte die Bearbeitung von Werksteinen auf der Drehbank wahrscheinlich ebenfalls keine Rolle mehr. Zumindest sind dem Autor keine romanischen oder gotischen Bauwerke Mitteleuropas bekannt, die davon Zeugnis geben. Anders könnte es aber in weit entfernten



Abb. 10: a) Fein abgedrehte Sandsteinsäulen als Fensterfüllung des Tempels Bateay Srei in Angkor/Kambotscha aus der 2. Hälfte des 10. Jh. n. Chr.; b) Profilierte Marmorsäulen im Löwenhof der Alhambra/Granada aus der 2. Hälfte des 14. Jh. n. Chr.; c) Säulenbasen aus Tuffstein vom Portalschmuck des ehemaligen Jesuitenkolleg in Koblenz, Deutschland, aus der 1. Hälfte des 18. Jh. – a) Finely lathed sandstone columns incorporated in the windows of the Bateay Srei temple in Angkor, Cambodia, from the 2nd half of the 10th century A. D.; b) Profiled marble columns in the Courtyard of the Lions of the Alhambra in Granada, Spain, from the 2nd half of the 14th century; c) Tuff column bases from the portal decoration of the ancient Jesuit college in Koblenz, Germany, from the 1st half of the 18th century.

Kulturbereichen ausgesehen haben. In der Region Angkor in Kambodscha entstanden ab der zweiten Hälfte des 10. Jahrhunderts mächtige Tempelanlagen der Khmer, welche dort fein profilierte rötliche Sandsteinsäulen (Abb. 10a) in ihrer Architektur verwendeten. Hinweise auf die erneute Verwendung der Steindrehbank scheinen auch die 124 marmornen Säulen des Löwenhofes der Alhambra/Granada zu geben (Abb. 10b), die aus der 2. Hälfte des 14. Jh. stammen. Für unsere Region dürfte der Bildhauer Lorenz Staudacher, Koblenz, der um 1700 für das dortige Jesuitenkolleg den Portalschmuck

fertigte (Abb. 10c), einer der ersten sein, der diese Steinbearbeitungstechnik wieder einsetzte. Dieser schlaglichtartige Blick auf die Geschichte der drehenden Steinbearbeitung soll dazu dienen, zu einer systematischeren Erforschung dieser alten Technik anzuregen.

Fazit

Eine Gruppe Steindenkmäler aus der Sammlung des Archäologischen Museum Frankfurt wies typische Bearbeitungsspuren auf, die auf eine Fertigung auf der Drehbank hindeuteten. Dieser bis dahin

weitgehend unerforschten Steinbearbeitungstechnik ist in vielen Experimenten nachgegangen worden. Aus den daraus resultierenden Ergebnissen entstand eine Rekonstruktion einer antiken Steindrehbank, mit welcher schon mehrere typische antike Objekte nachgeschaffen wurden. An speziellen Thementagen des Frankfurter Museums und in einer eigenen Präsentation im Römerkastell Saalburg konnte diese antike, wieder entdeckte Technik bereits Besuchern erfolgreich vorgeführt werden. Eine ständige Rekonstruktion der Steindrehbank im Römerbergwerk Meurin ist in Vorbereitung. Sie soll für Demonstrationen und Experimente zur Verfügung stehen. Aufgrund ihrer einfachen Konstruktion, mit Wellen, Lager, Antrieb und Werkzeugführung könnte diese Maschine in vielen antiken Steinhauerhütten gestanden haben. Möglicherweise ist gerade ihre simple, unspektakuläre Konstruktion der Grund dafür, dass sie kaum Erwähnung in der antiken Literatur gefunden hat.

Quellen

Plinius, *Naturalis Historia* XXXVI. Übersetzt von R. König. München 1992.
 Vitruv, *De architectura libri decem*. Übersetzt von C. Fensterbusch. Darmstadt 1987.

Literatur

BLAGG, T. F. C. 1976: Tools and Techniques of the Roman Stonemason in Britain. *Britannia* 7, 1976, 152-172.
BLÜMNER, H. 1884: Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste der Griechen und Römer 3. Leipzig 1884.
Brouskari, M. 1997: The Monuments of the Acropolis. Athen 1997.
DIEBNER, S. 1987: Sonderformen von Urnen und Grabstelen in den Regionen Mittelitaliens. In: H. v. Hesberg, P. Zanker (Hrsg.), *Römische Gräberstraßen –*

Selbstdarstellung, Status, Standard. München 1987, 229-237.

FLÜGEN, T. 2012: Werksteinbearbeitung auf der Drehbank – Antike Technik im Experiment. In: *Restaurierung und Archäologie* 5. Jg., Mainz 2012, 27-50.

HENDRICH, C. 2007: Rekonstruktion des Werkvorganges an Hand der Bearbeitungsspuren. In: H. J. Kienast (Hrsg.), *Die Säulenordnung des ersten Dipteros von Samos*. Samos 25. Bonn 2007, 67-86.

KLENZE, L. VON 1825: Zur Architektur der Alten. Über die Bearbeitung architektonischer Formen des Altertums auf der Drehbank. In: K. A. Böttiger (Hrsg.), *Amalthea oder Museum der Kunstmythologie und bildlichen Alterthumskunde* 3. Leipzig 1825, 69-77.

LAUTER-BUFE, H. 1972: Zur Kapitellfabrikation in spätrepublikanischer Zeit. *Römische Mitteilungen* 79, 1972, 323-329.

STIERLIN, H., u. A. 1993: *Alhambra*. München 1993.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-4: T. Flügen, Archäologisches Museum Frankfurt

Abb. 5: a) http://www.esys.org/rev_info/Griechenland/Samos_Hereion-Saeule-hq.jpg b) M. Brouskari, *The Monuments of the Acropolis*. Athen 1997, 129

Abb. 6: J. Köninger, Freiburg. In: *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg* 2009, 173

Abb. 7: a) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Bad_Homburg,_Saalburg,_Jupiters%C3%A4ule.JPG; Fotograf: Karsten Ratzke b) H. v. Hesberg, P. Zanker (Hrsg.), *Römische Gräberstraßen – Selbstdarstellung, Status, Standard*. München 1987, Taf. 44,g

Abb. 8: LAUTER-BUFE 1972, Taf. 135 (freigestellt)

Abb. 9: L. Mannoni, *Marmor – Material und Kultur*. München 1980, 123

Abb. 10: a) http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mandapa_Bateay_Srei_1222.

jpg; Fotograf: Michael Gunther b) STIERLIN
U. A., 1993, 97
c) [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:
Koblenz_im_Buga-Jahr_2011_-_Rathaus
_03.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Koblenz_im_Buga-Jahr_2011_-_Rathaus_03.jpg); Fotograf: Holger Weinandt

Autor
Thomas Flügen
Archäologisches Museum Frankfurt
Karmelitergasse 1
60311 Frankfurt am Main
Deutschland



Vermittlung und Theorie

Predictive experimental archaeology as a tool in the study of ancient mining and metallurgy

Simon Timberlake

Zusammenfassung – Voraussagende Experimentelle Archäologie als Werkzeug der Untersuchung des Bergbaus und der Metallurgie in der Vorgeschichte. In Ergänzung der von Coles 1973 definierten Prinzipien, auf denen die Experimentelle Archäologie in Großbritannien beruht, möchten wir eine neue Herangehensweise vorstellen, die auf die Voraussage der Beschaffenheit archäologischer Befunde abzielt und in manchen Fällen dabei helfen könnte, vorab die am besten geeigneten Grabungs- und Untersuchungsmethoden festzulegen. Experimente zu bronzezeitlichem Bergbau in einem Minenfeld in Wales zwischen 1987 und 2003 belegten die Techniken, mit denen Steinschlägel einfach geschäftet und benutzt werden konnten. Es wurden dann Voraussagen getroffen, wo diese Schlägel und auch Hirschgeweihhacken bei künftigen Grabungen zu finden sein würden. 2011 und 2013 wurden Abbau- und Golderzverhüttungsexperimente vom Deutschen Bergbaumuseum Bochum in einem Minendistrikt des 4. und 3. Jahrtausends v. Chr. von Sakdrissi in Georgien durchgeführt. Mit diesen Experimenten gelang es, nachzuweisen, wie das kaum sichtbare Gold geschürft, gemalen und durch Auswaschen gewonnen wurde und wie Golderzadern unter Nutzung dieser Probeentnahmetechnik kontinuierlich aufgespürt wurden. Inzwischen erbrachte die Rekonstruktion der Kupferschmelzvorgänge mit einfachsten, nur schwach reduzierenden Schmelzherden während der frühen Bronzezeit Erklärungsansätze für das mögliche Nichtvorhandensein von Nachweisen. Nicht erklärt werden konnte dagegen die Abwesenheit früher Schmelzplätze in Großbritannien. Mit dieser Arbeit wird es möglich sein, genauer vorauszusagen, wonach wir eigentlich suchen müssen.

Introduction

The UK has a good tradition in practical experimental archaeology, and an academically principled approach to this study which has its historic roots in the work of John Coles' *Archaeology by Experiment* (COLES 1973). Indeed it could be said that both Coles and Peter Reynolds (the first director of the Butser Iron Age Farm project; see REYNOLDS 1979) were the two great proponents of experimental

archaeology in Britain. Both helped to define the standards we employ today. In fact it was Coles who referred to the need to 'faithfully reconstruct and repeatedly test technological processes suggested through archaeology by means of a programme of controlled experiments'. More specifically his eight-fold principled basis for carrying out experimental archaeology was based on the following premises:

- (1) All materials used should be those locally available to the society under study.
- (2) All the methods used in experimentation should remain within the bounds of the possible (thus a thorough knowledge of the procedures under study were essential).
- (3) Modern technology should not interfere with the experiment, but should only be used in the analysis of results.
- (4) Both the scope and appropriate scale of work should be properly assessed in advance, but also in the light of the experiment itself (i.e. one should always factor in the sourcing, collection and transport of the materials used, as well as the time and manpower entailed).
- (5) Archaeological experiment(s) should be repeatable.
- (6) A desired end result should be considered at the outset of each experiment.
- (7) The results of such experiments should consist of observations that lead to suggested conclusions (in other words, the fact that something was possible does not necessarily mean that it was done that way).
- (8) Every experiment should be honestly assessed and the errors openly stated.

Cole's additional proviso to this approach was that "experimental archaeology cannot and does not intend to prove anything...it is simply a tool whereby we can gain insights that might lead to further discovery" (COLES 1973, 15ff.).

However, it is these insights which can sometimes prove so valuable, particularly in those cases where little or no archaeological evidence of a process survives. Yet such an approach based just on hypothetical ideas would appear ride in the face of one of the most fundamentally stated principles of experimental archaeology i.e. that all experiments should be evidence based, and should seek to reconstruct what is already known from

the archaeological record (REYNOLDS 1999). But how strictly should we interpret this? For doesn't the process of engagement in experimentation bring new levels of understanding to a subject, and through this the means to predict the nature of the missing evidence?

The current paper seeks to demonstrate the value and importance of predictive experimental archaeology as a tool to understand ancient technology and craft; both through anticipating new evidence, and developing new ways of looking at things.

Experimental archaeology in the study of ancient mining and metallurgy

The predictive experimental archaeological approach has been used successfully by the author to investigate ancient mining as well as some of the earliest smelting and metalworking technologies. Both of these activities can be difficult to interpret from the archaeological record, since often we are dealing with absent, confusing, or indeed negative evidence concerning the identity of the material being extracted and the stages of the process. For this reason pro-active experimentation based sometimes on very little surviving evidence has been used as a means to predict the types of traces that might be found; the route these experiments take invariably being guided subjectively, and by attempting the simplest or minimalist approach, the only pre-condition being a considerable familiarity in handling both the materials and original tools, and also a 'closeness' to the relevant archaeology – preferably as a researcher and excavator. Such an approach is neither processual nor post-processual (HODDER 1982); since at the same time it is both an 'immersed' activity and objectively predictive.

It might be useful at this point to consider some of the particular issues associated

with the interpretation of ancient mining and smelting sites.

Mining

Both mining and smelting are inherently destructive operations. In the case of metal mining, whatever was being sought in terms of ore will in most instances have been extracted, then processed, and finally removed from site. In the case of 'primitive mining', this might involve quite time-consuming careful selection of ore, followed by hand-crushing, hand-picking and piecemeal separation of mineral. Ironically, in terms of modern mining, the latter approach may prove to be an altogether more efficient (or at least thorough) process, so much so in fact, that what at first sight might seem to be a perfectly straightforward question, i.e. 'is this a copper or lead mine', might not be an easy one to answer, since both ores commonly occur together (BICK 1999; MIGHALL ET AL. 2000). Even if we could confirm that it was a copper mine, we would still need to ask ourselves whether it was the sulphide minerals or the oxidized minerals that were being extracted, or for that matter a combination of the two (see CRADDOCK 1995, 11; 32; TIMBERLAKE 2003, 100-102; TIMBERLAKE, MARSHALL 2013b, 80).

Mine spoil as an artefact of the mining process does normally survive the test of time, but at the same time this may have a history of re-deposition and mixing, including contamination with later infill. Because of this the archaeology of these deposits can be both complex and difficult to interpret. Some mining tools, particularly stone ones, have a good record of survival, yet these implements are frequently re-cycled, then re-deposited, with fragments of these then ending up scattered across the site. Our own experience of looking at these early mines suggests that little in the way of a ritual importance was ever attached to the use of practical mi-

ning tools, although there are occasional exceptions to this (see TIMBERLAKE, PRAG 2005, 5).

A significant number of prehistoric tools would have been wholly or even partly made from organic materials (such as the handles of hammerstones), and once broken or worn these would have been discarded, and more often than not thrown down and used as floor materials within the waterlogged areas of the mine (where they might survive). Alternatively such objects might be consigned to the poorly-preserving environment of the waste heaps, where there was little chance of survival. On yet other occasions these tools would have ended up being re-cycled and consumed as fuel within the next fireset hearth (TIMBERLAKE 2003, 71). Because of this much less than expected survives of the full range of tools used, and still less of the minerals extracted. What we do have instead are the dispersed fragments of a known activity still poorly understood, alongside the negative evidence of the ore(s) removed.

Smelting

As regards metallurgy, the preservation of the various stages of a smelting operation is an even a rarer occurrence within the archaeological record. Furnaces are broken down to extract metal from incomplete smelts, components of the furnace walls and tuyeres are recycled, whilst slags produced in earlier smelting operations may have been broken up and crushed in order to release entrapped prills of metal for re-melting; with the ground residue then being used as temper within ceramics and refractory materials and in the walls of new furnaces. Indeed, it is quite possible that proper slags were never produced at all during these operations, at least not in the earliest and most primitive of smelting hearths (CRADDOCK, P. 1994, 75). Paul

Craddock has succinctly summarised the situation: "...at best the evidence is enigmatic and at worst non-existent" (CRADDOCK, P. 2003, 8).

These uncertainties as to the nature of the earliest smelting processes (particularly in Britain where we have no furnaces pre-dating the Early-Middle Iron Age; YOUNG 2010) makes this one of the most interesting new challenges for investigation.

Of course in hindsight we might be asking ourselves whether greater care taken in the excavation of sites possessing prehistoric metallurgical remains could have afforded us a much better picture of what was going on in prehistory. If this had been the case, we might now be in the position to accurately reconstruct and test these processes by means of a programme of controlled experiments. This is exactly what Coles and Reynolds would have considered to be the ideal. Unfortunately, the necessary starting point in terms of examples to copy would simply have been impossible to achieve in the current instance. For this reason, the partial or even complete absence of archaeological evidence should not be seen as a reason to invalidate the use of experiment, it just requires a different approach. The good experimenter will try and enter into the mindset of the miner and smelter, in order to discover just those sorts of improvements and practical solutions they might themselves have come up with given the limitations of materials to hand, and the simple technology available. To take this one step further, predictive experimental archaeology may help us to recognize what we have already found, as well as showing us what to look for. The following are just a few examples of how this has been put into practice.

Experimenting with stone mining tools

The earliest experiments in mining using

un-modified stone tools against fireset and unfireset rock at our experimental site at Cwmystwyth Mine in Wales in 1987/1988 left us with the over-riding impression that such tools must originally have been used with some sort of fixed or flexible handle; for reasons of effectiveness as well as self-preservation (PICKIN, TIMBERLAKE 1988).

Handles made of hazel sticks or twisted willow withies were first used by us in mining experiments a year later (CRADDOCK, B. 1990). Large cobbles could be hafted this way without grooving them, sometimes with little or no notching of the stones required. Experimentally this was a distinct improvement, although the use of willow permitted too much 'wobble' in the hammer-head, thus reducing the

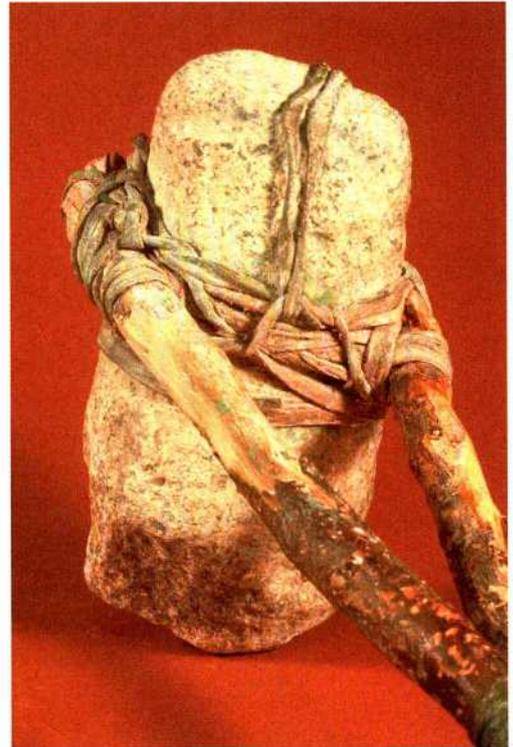


Abb. 1: Stone mining hammer with bound stick handle from Chuquicamata, Chile. – *Steinerne Abbauschlagel mit gebundener Stockschaftung aus Chuquicamata, Chile.*

effectiveness of the tool through delivering more glancing blows, a problem alleviated by using slightly more rigid hazel stick handles. Hemp twine and leather, later substituted by raw-hide strips were used for binding and knotting the cobbles in position. These were loosely modelled upon the images of hafted tools recovered with the mummified remains of a 1800 year-old indian miner euphemistically referred to as 'Copper Man' whose body was discovered within the Restauradora Mine at Chuquicamata in the Atacama Desert of Northern Chile in 1899 (BIRD 1979). My colleague Brenda Craddock then had the opportunity to study another similarly-hafted hammer from Chuquicamata when this item turned up on loan at the British Museum in 2000 (CRADDOCK, B. ET AL. 2003) (Fig. 1). That investigation confirmed our perceptions of how these tools were made; a design that in many specific details also resembled what we had found during the course of preliminary experimentation, this partly based upon the model we had already predicted. However, a new analysis of the tool did help to refine this, which in turn fed into our experimental approach. In fact the criteria we subsequently adopted for continuing to use these hafting techniques in our reconstructions was the universal similarity we noted in the shape and modifications present in 'prehistoric' stone mining tools (CRADDOCK, B. ET AL. 2003, 63); naturally it seemed to follow from this that the hafting of these cobble tools would likewise have been similar. We might refer to this phenomenon as being an example of a 'simultaneous or repeated re-invention' – where similar (or identical) designs are governed by similar utilitarian needs.

It did not take long to realize that such hammers could only have been used underarm, if the stones were to be retained within the haftings (Fig. 2)! This type of skill-acquisition in experimentation offered

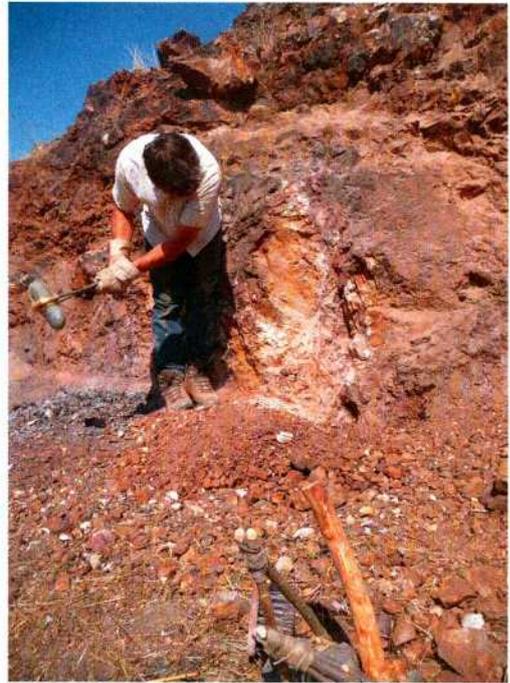


Abb. 2: Using an experimentally-hafted cobble stone hammer during a mining experiment at Sakdrissi, Georgia in 2011. – Nutzung eines experimentell geschäfteten Feldsteinhammers während des Bergbauexperimentes in Sakdrissi, Georgien, 2011.

up simple yet obvious answers to a number of questions regarding the use of hammer-stones within the Bronze Age mine at Cwmystwyth (TIMBERLAKE 2003); for example, how and why were large numbers of triangular-shaped cobbles used only at the broad end? Quite simply, with each use of the tool the cobble would be jammed back into the ligature of the hafting, whilst the use of the other end without extensive notching of the cobble would eject it (TIMBERLAKE 2003, 94).

The bruising of the fibres, their twisting, then the looping of a single withy (hazel) handle around the cobble and its fastening with rawhide suddenly seemed obvious as a simple technique for the hafting of short-lived mining hammers (Fig. 3). As a result the strength and efficiency



Abb. 3: Bruising the fibres of hazel sticks in preparation for twisting these and bending to form coiled handles for hammerstones. – Aufspalten von Haselspänen, um sie gezwirnt zum Wickeln einer Steinhammerschäftung zu nutzen.

of the experimental tools improved. Larger cobbles could now be hafted, whilst accurate work could still be achieved using smaller hammers (< 1 kg); in some cases these have dislodged up to a ton of rock with only minimal repairs to the haftings (TIMBERLAKE 2007, 30). The facets and spalling surfaces produced on these cobbles have since been examined with an eye to recognizing the very same types of wear amongst the tools recovered from the excavations. Similar sorts of bilateral notches pecked or ground into the sides of the experimental cobbles for hafting have now been recognized within excavated examples (Fig. 4), as have the facets on the flat surfaces of pebbles for the insertion of wedges to secure this, alongside wear marks from use as ore-

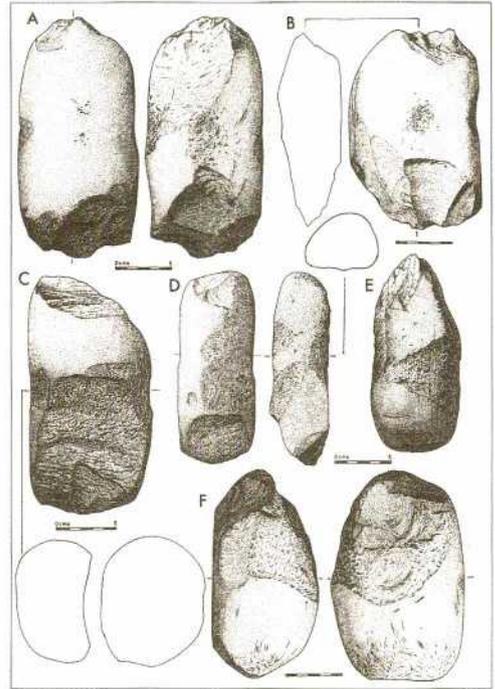


Abb. 4: Hammerstones from the Bronze Age mine on Copa Hill, Cwmystwyth NB. These show modification notches for hafting as well as bruising from use. – Schlagsteine aus der bronzezeitlichen Mine auf dem Copa Hill, Cwmystwyth NB. Sie zeigen Modifikationskerben für die Schäftung, ebenso wie Schrammen vom Gebrauch.

crushing anvils. Interestingly we also predicted the re-use of some of the large stone flakes or spalls detached from the hammerstones during primary rock-breaking as chisels or wedges (Fig. 5). We then found evidence for this tool use within the Bronze Age mine (TIMBERLAKE, CRADDOCK 2013, 45), the wear on the flake edges resulting from this use clearly recognisable from the rounding-off of the fracture surfaces.

However, the true worth of this experimental approach was most impressively demonstrated following our examination of the broken bindings of the tools we had just been experimenting with. By documenting these we believed we would be

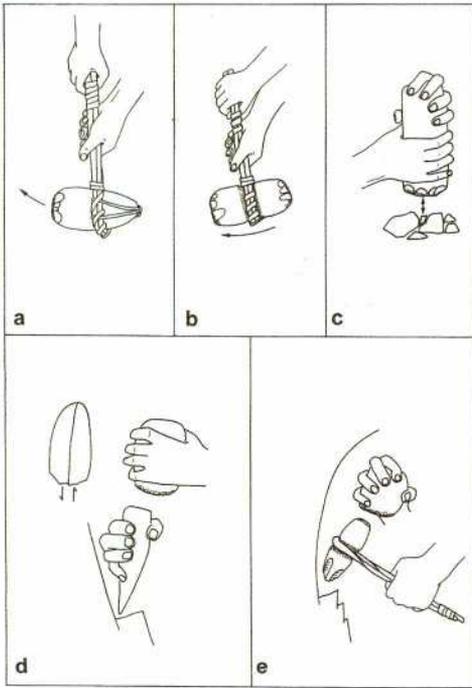


Abb. 5: Diagrams showing method of using and re-using hammerstones as different function mining tools. – Die Schaubilder zeigen die Art des Gebrauchs und der Wiederverwendung von Schlagsteinen als Abbaugeräte unterschiedlichster Funktion.



Abb. 7: Mining experiment using an antler pick at the experimental site on Copa Hill, Cwmystwyth in the 1990s. – Abbauxperiment unter Verwendung einer Geweihhacke auf dem Versuchsgelände von Copa Hill, Cwmystwyth, in den 1990er-Jahren.



Abb. 6: Excavation reveals one half of a broken hazel withy handle discarded whilst mining in the Bronze Age, Comet Lode Opencast, Copa Hill. – Die Ausgrabung erbrachte die Hälfte einer gebrochenen Haselschäftung, die in der Bronzezeit in der Mine weggeworden worden war; Comet Lode Tagebau, Copa Hill.

able to predict how, why and where such handles might break, and more importantly, what this fragments might look like if we found them preserved within archaeological deposits. This familiarity with the material enabled Brenda to immediately recognize one half of a withy handle she saw lying within a waterlogged area of the excavations on Copa Hill in 1995 (Fig. 6). At the same time she was able predict the probable find of a second half of the same broken handle some centimetres away from the first; both pieces being found where the broken haft for the hammer haft failed and was thrown down upon the wet floor of the mine some 4000 years ago (TIMBERLAKE 2002, 345; TIMBERLAKE 2003, 72). Unknowingly we had re-enac-

ted the same event within one of our own experiments, and as consequence were well-informed as to what to expect.

Experimental archaeology and antler picks

Picks of red deer antler were first used in mining experiments at Cwmystwyth in 1990 (Fig. 7), primarily as a means to test their effectiveness against hard rocks. These tools were used in a very different way to metal picks, functioning as quite effective mallets to knock out freshly fire-set rock, or else as levers to prise away blocks after this rock had first been fractured and loosened-up by hammer stones (cf. the mode of antler pick use in Neolithic flint mines). Approximately 1.5 tons of fire-set rock was removed using the pick

tool shown in figure 8. This alternation between the use of stone and antler tools in breaking down the recently fire-set rock use proved so effective that we suggested these picks might have been used regularly within the mines, despite the lack of archaeological evidence (TIMBERLAKE 1990). It wasn't that surprising therefore when we found examples of similar tools the following year within the mine on Cop Hill – these turned up just as soon as we encountered the right conditions for their preservation (Eh/pH values and waterlogging of the mining sediments). Convinced by our experimental method and the broad understanding of the 'mindset' and practical thinking of the prehistoric copper miner, we had adapted our excavation technique to work much more slowly and carefully within the most pro-



Abb. 8: One of the experimentally-used antler pick tools from Cwmystwyth, showing the degree and position of wear. – Eine der experimentell genutzten Geweihhacken von Cwmystwyth zeigt das Ausmaß und die Lage der Abnutzung.



Abb. 9: Antler tool being excavated within the Bronze Age mine on Copa Hill in 1995. – In der bronzezeitlichen Mine auf dem Copa Hill im Jahr 1995 ausgegrabenes Geweihgerät.

missing areas. Of the more complete tools we found, one was a broken pick and the other a hammer/ pick; both made of red deer (*Cervus elephus*) antler (Fig. 9). The latter implement had been roughly prepared (with the end of the shaft broken off and the second tine removed by an axe cut), then used firstly as a prising pick, then as a percussive pick till the first tine had been worn down to a stub, turned round, then used on the hardest part of the antler (the crown) as a mallet. This type of secondary use and wear was exactly what we had experienced ourselves during the course of our earlier experiments. It was a case of instant recognition.

Many other small fragments of antler have since been found within the mine – most of these indifferently preserved. From the quantification of all this and the evidence of our experimental work it has been estimated that each pick could have assisted in the removal of between 15 and 25 tons of rock. It is conceivable therefore that upwards of 100 to 300 antlers may have been brought up to site (TIMBERLAKE 2003,

84). It is useful to compare this sort of estimate with the evidence recovered from some of the Neolithic flint mines where antler picks were the main tools of extraction, typically in the very much softer chalk rocks. At Grimes Graves in Norfolk several hundred picks were found per shaft (MERCER 1981).

Experiments in gold extraction (2011 & 2013)

These experiments were carried out at the site of a late 4th- early 3rd millennium BC gold mine of the Kura-Axes culture, a site currently being excavated by a joint German-Georgian archaeological team of as part of the 2007-2014 Bochum Caucasus project (STÖLLNER, GAMBASCHIDZE, HAUPTMANN 2008). Our role in this project was to try and reconstruct the gold mining, milling and washing process as suggested by the archaeological evidence.

Sakridissi Mine has been claimed, with some justification, as being the earliest

example of (hard-rock) gold mining in the ancient world. Its greatest enigma is that the gold grains present within the quartz-hematite veins making up the gossan zone of this massive sulphide deposit are so small (<0.5mm) as to be invisible to the naked eye in hand specimen. Although it is possible that the source of this gold was once traced by progressive alluvial recovery along the bed of the nearby Maschawera River, it remains difficult to comprehend how this particular deposit consisting of quartz veins carrying only 10-100 ppm of gold in a very finely disseminated form was identified from amongst hundreds of other less-enriched ones. Moreover, how did they come up with an effective strategy to work it?

Firesetting and mining of the gold-bearing quartz-hematite was followed by the crushing of the ore by ourselves and the site workers using mortar stones, with the fine milling of this taking place upon grind stones recovered from the excavations, the recovery of the gold being achieved by washing (or panning) this to obtain a concentrate from which the 'head' of fine gold grains could be physically separated (see STÖLLNER ET AL. 2012; TIMBERLAKE 2014). It is interesting to compare this account with the gold mining and processing experiments also carried out at the Bronze Age mine of Ada Tepe in Bulgaria, reported within the two papers by POPOV ET AL. (2014) and STOYCHEV, PENKOVA, GROZEVA (2014) in *Experimentelle Archäologie in Europa* 13.

Crushing and separation of the mined rock

All of the potentially gold-bearing vein stuff was carefully separated out from the rock waste, the hematite:quartz:waste rock ratio ranging from 1:2:3 to 1:3:2 (by weight). The quartz-hematite contact samples were then processed separately from the quartz vein material; in part be-



Abb. 10: Milling down gold-bearing hematite and quartz samples within a multiple-hollowed mortar stone at Sakdrissi, Georgia (2013). The grindstone is in the background. – Zermahlen von goldführenden Hämatit- und Quarzproben in einem mehrfach ausgehöhlten Mörserstein in Sakdrissi, Georgien (2013). Im Hintergrund befindet sich der Mahlstein.

cause we knew that the Soviet-period assays suggested considerable variation in the gold values within and between individual veins, and partly because we could see that the prehistoric miners had followed certain veins, or parts of veins, but not others. It was decided therefore to experiment with assaying each metre of the vein, both through milling and then panning this for gold recovery, and through PXRf analysis carried out upon the rock itself, and after crushing. We needed to know whether it would have been possible (as well as practical) for the prehistoric miners to visually determine where the richest gold values lay. Were

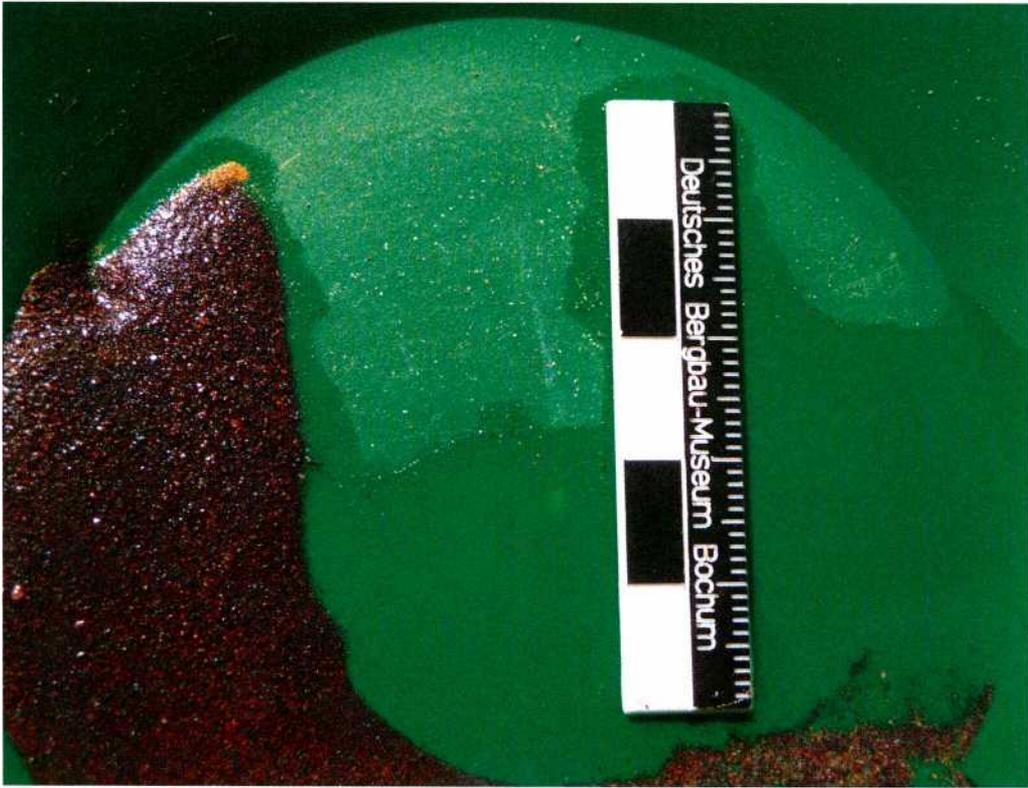


Abb. 11: A fine-grained gold 'head' lying adjacent to the remnant hematite and heavy minerals within a gold washing pan. Sakdrissi, Georgia 2011. – Feinkörniger bei Hämatit-resten liegender „Goldkopf“ sowie schwerere Goldkörner in einer Waschpfanne. Sakdrissi, Georgien, 2011.

these close to the vein contacts, within the quartz, or in the hematite?

Experimentally we arranged for different individuals to work on different parcels of ore; first crushing these on the anvil stones, then milling them within the hollows of multiple-hole mortar stones (recovered from the Bronze Age mine) using either small pounding cobbles or flat-sided crushers, the goal of this being the reduction of the ore to a grit (2-3 mm diameter) grain size (Fig. 10).

The parcels of crushed ore were then fine-ground to a powder upon large 'saddle-quern type' grind stones using suitably flat or slightly convex worn rubbing stones. Our washings of these residues showed that a grain size of between 0.25 mm-0.5 mm was probably the best fracti-

on for gold recovery. By increasing this to >1 mm the gold values of the same samples did not improve, but in some cases tailed-off. As it turned out these large grind stones proved to be ideal for the final stages of milling the ore, providing some clarity as to the function of these within the mine and in the workshop areas of the nearby Kuru-Axian settlement of Dzedzvebi.

Gold washing and recovery

Samples of pulverised ore weighing between 0.5-1 kg were then panned in clean water. Pan washing these samples for 10-15 minutes removed the quartz and produced a dark concentrate of hematite. Given the very small grain size of the gold

(the largest grains being only 0.5 mm in diameter), the remaining iron oxides proved difficult to remove, yet a number of the samples with significant hematite and goethite contents (30-40% Fe_2O_3 + $\text{FeO}\cdot\text{H}$) did yield some the best heads of gold (Fig. 11).

Visual determination (confirmed by analysis) suggested that most of gold was associated with the hematite, but that this was quite variable in its gold content, ranging from around 1 ppm to 180 ppm Au. Moreover, experimentation had shown us how it was possible to assay this ore on-site using really quite primitive techniques; following which reasonably informed decisions could be made as to which vein to exploit. Interestingly this

'continuous vein assaying' technique is much the same as the approach to gold mining today; it is just done in a more sophisticated way.

The analyses of some of the ore samples remaining within the veins associated with the 'rich' shoots of Mine1/2 suggests that the gold ore recovered from the most completely stoped out parts of this working may have had a mean value of around 130 ppm Au (g per ton), whilst for the mine as a whole it might have been as much as 77 ppm Au (g per ton) (STÖLLNER 2014, 91-92), with a minimum of cut-off of about 1 ppm Au (STÖLLNER 2014, 86-87). Our experimental work suggests that a realistically achievable cut-off grade is more likely to have been



Abb. 12: The water-filled 'assaying cistern' cut into a rock platform lying in between the ancient opencast mine openings, Sakdrissi, Georgia 2011. – Die wassergefüllte Prüfzisterne in einer Felsplatte zwischen zwei Öffnungen des bronzezeitlichen Tagebaus. Sakdrissi, Georgien, 2011.

around 5 ppm (TIMBERLAKE 2014, 53). Nevertheless, we should always remember that in such situations we are dealing for the most part with the evidence of 'negative evidence'. We are always therefore making some assumption as to the richness of an anciently worked-out mine; all our experiments show is that this was practically possible, and how they might have done this.

Our engagement in the totality of this mining process confirmed to us the probability that 'continuous assaying' was an essential part of this labour-intensive prehistoric mining operation to extract the fine-grained (and macro-invisible) gold. Because of this we recognized the importance of there being an 'assay place' located within the very heart of the mining complex, perhaps one from which future directions in the mining operation could be dictated. Experimental prediction in this case was conveniently answered by the recognition of a working area (the same one used by us for milling and assaying ore during our experiments), together with the discovery of a neatly cut oval-shaped cistern within the rock outcrop adjacent to Mine no.1 (Fig. 12). We used this cistern as a water supply as well as a drain for the washing of the gold assays (Stöllner pers com.). As we raised water to pan with in buckets from this naturally rain-filled cistern. It seemed obvious to us that through undertaking these experiments on-site, we were able to understand the processes that we were investigating, and more easily predict the sorts of materials and features that we should be using.

Reconstructing the earliest smelting processes

The nature of copper ores

Some 10 years of experiments attempting to smelt Welsh chalcopryite (the mineral assumed until now to be the main ore won at most Early-Middle Bronze Age

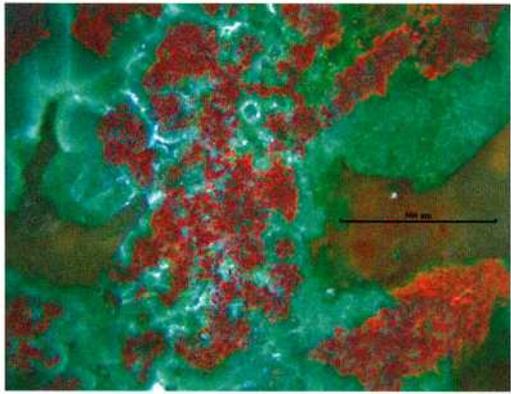


Abb. 13: A Bronze Age ore? Microscope view (under X-polars) of malachite surrounding cuprite and native copper, from the Comet Lode Opencast tips. – Bronzezeitliches Erz? Mikroskopansicht von malachitumgebendem Cuprit und nativem Kupfer, von der Comet Lode Tagebau-Halde.

copper mines in Wales; (CRADDOCK, P. 1995; TIMBERLAKE 2007, 33; TIMBERLAKE 2009), using the simplest furnaces and various combinations of roasting and co-smelting reduction, has led to something of a re-assessment of the ores mined, and the nature of the mineral deposits they worked. Whilst it is true that tiny amounts (perhaps just 0.5%) of the iron-copper mattes produced during these experimental smelts were, after roasting and reduction, converted to copper metal (see TIMBERLAKE 2007, 34; CRADDOCK, MEEKS, TIMBERLAKE 2007), the much greater likelihood is that the ores they used were carefully selected samples rich in oxidised copper minerals (and perhaps sometimes native metal; see Fig. 13) removed from the surface outcrops and immediately sub-surface deposits of partially weathered low-grade chalcopryite (TIMBERLAKE, MARSHALL 2013b, 85). The ability to do this using even poorly oxidised ores has been shown in recent experiments carried out on 'rotted chalcopryite'/malachite mixtures, smelting this ore within simple 'hole in the ground' furnaces to produce copper

prills within a spongy slag; the 'slag' consisting of little-altered pieces of chalcopyrite surrounded by a copper-iron sulphide matte, fused quartz and iron oxides. The most recent experiments have neither been fully analysed nor properly published, yet the possibility of this process had already been suggested (TIMBERLAKE 2010, 291), whilst the current experimental results predicting this as a strategy for exploitation alongside the selective hand-picking of rich oxide or supergene minerals during mining.

Experimentation and the simplest smelting furnaces

Since 2004 experiments have been carried out at Butser Ancient Farm (UK) in an attempt to gain some idea of the evidence and processes associated with the earliest production of metal (TIMBERLAKE 2005; TIMBERLAKE 2007; TIMBERLAKE 2013). Hand-picked malachite, or crushed mixtures of malachite, gangue minerals and rock (containing a minimum 50% copper) can be successfully smelted within an open wood or charcoal fire (so long as marginally reducing conditions can be maintained) at temperatures of between 850-900°C. Such roasting/reduction to copper oxide, then to copper metal will take place in the solid state, but for this to melt and coalesce into copper prills, a temperature of 1100°C would be needed. Our experiments using different-sized pits have demonstrated that 500 g of malachite can be smelted easily within a shallow pit or posthole just 20 cm diameter and 10 cm deep, under 15 cm of burning charcoal, and in less than 25 minutes. Such a hearth becomes more effectively reducing for smelting if it is then clamped with a piece of turf to form an oven (Fig. 14). The digging of a pit can be avoided completely if the charcoal pile is large enough, and the ore lies towards the bottom. Yet to create sufficiently reducing conditions and a high-enough temperature to smelt cop-



Abb. 14: Smelting copper ore using bag bellows within a simple pit furnace clamped with a turf 'lid'. – Aufschmelzen von Kupfererz mit Blasebälgen in einer einfachen mit Torfsoden ausgekleideten und abgedeckten Schmelzgrube.

per within a wood fire, a much larger pile of embers is required (i.e. up to 30 cm deep and a minimum of 50 cm wide) (Fig. 15). In both cases a constant forced draught needs to be directed downwards, but just above the ore being smelted. This can be done using a clay tuyere or organic pipe linked to a pair of bag bellows, or perhaps under optimal conditions through a constant directed wind. The position of the tuyere is critical, but in other respects the nature of these furnaces is simple, with little in the way of any recognisable features (Fig. 16).

A successful smelt may be carried out if attention is paid to maintaining the temperature within a fire (i.e. a bright yellow-orange colour seen beneath a dark surface indicates an interior temperature of between 1050 and 1100°C; see Fig. 17),



Abb. 15: Smelting copper ore within the embers of a large wood fire at Pločnik, Serbia in 2013. – Aufschmelzen von Kupfererz in der Glut eines großen Holzfeuers in Pločnik, Serbien, im Jahr 2013.

by facilitating the presence of reducing conditions (a blue-mauve colour flame upon the surface), by allowing sufficient time for a smelting conversion to take place (indicated by a strong green colour to the flames; Fig. 18), and through the prevention of too much oxidation. A second green flame 'event' will almost certainly indicate that the smelted copper is already being re-oxidised, a cindery mass of red copper oxide being the end result. This re-oxidation process can be halted fairly immediately by removing some of the burning charcoal and then dousing the fire with water. An alternative would be to re-reduce the copper oxide by adding fresh charcoal, then clamping the furnace down. In essence therefore, the simplest Bronze Age copper smelting furnace may just be a controlled fire, with or without a pit underneath, and perhaps also with the



Abb. 16: The surviving evidence of smelting within a simple unlined pit furnace, Cambridge 2012. – Überrest des Schmelzvorganges in einem einfachen, nicht ausgekleideten Grubenofen; Cambridge 2012.



Abb. 17: Looking down the clay tuyere into the furnace during a smelt. The flame colour indicates a temperature of about 1100°C. – Blick durch die Lehmduese in die Schmelzgrube während des Schmelzprozesses. Die Farbe der Flamme zeigt eine Temperatur von etwa 1100°C an.

traces of a burnt turf surround or capping. We should be aware of this when trying to identify such activity within the archaeological record. For without slag, cinders, metal prills or ore being visibly associated with the charcoal and ash, the recognition of an early furnace may prove quite difficult. In fact some of these features may well have been identified as domestic hearths, and vice versa.

Our experimental experience of constructing 'Bronze Age type' furnaces enables



Abb. 18: Green and mauve coloured flames issuing from the top of a small pit furnace. This indicates reducing conditions as well as the commencement of copper smelting. – Grüne und fliederfarbene Flammen schlagen aus der Spitze eines kleinen Grubenofens heraus. Dies zeigt eine reduzierende Atmosphäre im Inneren der Grube sowie den Beginn der Kupferschmelze an.

us to predict what hasn't yet, but may eventually be found within the UK – i.e. traces of Early Bronze Age copper smelting (TIMBERLAKE 2009). Very careful examination of any sediments associated with potential hearths may be the deciding factor here. Small traces of crushed ore, calcined rock, and some finely broken conglomeratic 'slag' containing magnetic iron oxides and traces of (now largely oxidised) copper metal prills (Fig. 19), may be all that remains of this process; most of the product having been removed in prehistory following careful sorting and picking (see WILLIAMS 2013 re. Pentwyn, Great Orme). Charcoal, however, is a great adsorber of heavy metals, and

because of this, geochemical soil sampling using a PXRF may be the best initial way to determine the likely metallurgical function of a burnt pit (JENKINS, TIMBERLAKE 1997.). Clearly there are always other possible explanations for pits or hearths associated with copper anomalies, yet this method does have potential in the search for the very earliest evidence of smelting and metallurgy (TIMBERLAKE 2007; JENKINS, TIMBERLAKE 1997).

Conclusions

The practice of predictive experimental archaeology might well be considered to



Abb. 19: A conglomeratic slag cake enclosing prills (droplets) of copper formed during the smelting of a self-fluxing oxidised copper ore. Pločnik, Serbia 2013. – „Schlackenkuchen“; Konglomerat mit eingeschlossenen Kupfertropfen, die sich während des Schmelzens eines selbstfließenden, oxydierenden Kupfererzes bilden, Pločnik, Serbien, 2013.

be an extension to normal experimental archaeological design, in that it is a logical step forward to using experimentation as a means to predict the nature of evidence present but not recognised within the archaeological record. As has been shown above, the mining and early smelting activities can be both difficult to interpret, and occasionally invisible. Yet the continuing search for the very first evidence of extractive metallurgy in Europe (particularly in Britain where the evidence for this remains slim) must be one of the challenges still facing archaeo-metallurgists. Therefore anything this approach can offer to the investigation should be welcomed.

Hopefully the case study evidence presented here alongside this discussion of the methodology and principles associated with predictive experimental archaeology will be useful in shaping the design of future work. Indeed, it is an interesting concept in itself that one can potentially understand things not yet discovered about the past, just as one can use this as a tool to guide the on-going process of ar-

chaeological excavation. In this case archaeologists undertake experimentation on-site during the course of archaeological excavation, whilst being fully 'immersed' in the activity of those who they are investigating from the past. However, there are dangers in this approach, and we should be aware of the potential pit-falls. In particular we cannot always be certain that we aren't sometimes just dealing with fortunate coincidences (or perhaps calculated guesses) when we predict the find of some artefact or evidence of tool use. For instance, there may be two or more different ways of doing something and producing the same residual evidence. Similarly we might make the false assumption that on finding one or two predicted artefacts we are looking at a truly representative selection of what was used. We might even convince ourselves that we are looking at something that we are not. The full and very careful subsequent excavation of a site(s) will prove whether this is the case, just as a measured response in announcing the findings will add certainty to the experimental results. Furthermore, one should try to adhere to Cole's principled basis on carrying out experimental archaeology i.e. that all experiments need to be repeatable, with broadly speaking the same sorts of results.

The experimental investigations described here are of value in themselves given the questions being tackled and some of the insights gained. This work has shown how hard rocks may be mined effectively using just unmodified cobbles held in twisted and bent hazel withy sticks, and also how antler picks may be used against hard quartz-veined rocks during the mining of metal (just as they are used upon chalk during the mining of flint). Similarly it has been shown that it is possible to mine fine-grained sub-visible gold from hard rocks using stone tools, processing this on stone mortars and grind-

stones, then washing away the lighter stuff to recover gold; this being a technique used on-site as a means of continual assay within a variable orebody composed of hematite veins with different gold concentrations. Experimental archaeology has also been crucial in the understanding and reconstruction of the earliest (and probably simplest) smelting furnaces, the archaeological footprint of which we can predict, yet have little evidence for.

Hopefully this approach to experimental archaeology, and the ideas behind it, will be field-tested in other areas of former craft and technology reconstruction.

Acknowledgements

Brenda Craddock and other members of the Early Mines Research Group (UK) were instrumental in the success of the UK mining experiments, whilst the gold-mining investigation was carried out at the request of Thomas Stöllner of the Deutsches Bergbau Museum and Irina Gambaschidze of the National Museum of Georgia. Brenda Craddock and Fergus Milton likewise helped with the copper smelting experiments. I would also like to thank Miljana Radivojevic for permission to include information on the 2013 Serbian experiments in advance of full publication.

Literature

BICK, D. E. 1999: Bronze Age copper mining in mid Wales – fact or fiction? *The Journal of Historical Metallurgy* 33, no. 1, 1999, 7-12.

BIRD, J. B. 1979: The 'Copper Man': a prehistoric miner and his tools from Northern Chile. In E. P. Benson (ed.), *Pre-Columbian Metallurgy of South America*. Washington 1979, 105-132.

COLES, J. 1973: *Archaeology by Experiment*. London 1973.

CRADDOCK, B. 1990: The experimental hafting of stone mining hammers. In: P. Crew, S. Crew 1990 (eds.), *Early Mining in the British Isles*. Plas Tan y Bwlch Occasional Publication no. 1. Maentwrog 1990, 58.

CRADDOCK, B. ET AL. 2003: Hafted stone mining hammer from Chuquicamata, Chile. In: P. Craddock, J. Lang (eds.), *Mining and Metal Production through the Ages*. London 2003, 52-68.

CRADDOCK, P. T. 1994: Recent progress in the study of early mining and smelting in the British Isles. *Journal of Historical Metallurgy* 28, no. 2, 1994, 69-84.

CRADDOCK, P. T. 1995: *Early Metal Mining and Production*. Edinburgh 1995.

CRADDOCK, P. T. 2003: Introduction. In: P. Craddock, J. Lang (eds.), *Mining and Metal Production through the Ages*. London 2003, 7-8.

CRADDOCK, P., MEEKS, N., TIMBERLAKE, S. 2007: On the Edge of success: the scientific examination of the products of the Early Mines Research Group smelting experiments. In: S. La Niece, D. Hook, P. Craddock (eds.), *Metals and Mines: Studies in Archaeometallurgy*. London 2007, 37-45.

HODDER, I. 1982: *Symbolic and Structural Archaeology*. Cambridge 1982.

JENKINS, D. A., TIMBERLAKE, S. 1997: Geoarchaeological research into prehistoric mining for copper in Wales. A report to the Leverhulme Trust (unpubl.). University of Bangor 1997.

MERCER, R. J. (ed.) 1981: *Grimes Graves Excavations 1971-72*. Volume 1. London 1981.

MIGHALL, T. ET AL. 2000: Bronze Age lead mining at Copa Hill, Cwmystwyth – fact or fiction? *Historical Metallurgy* 34(1), 2000, 1-12.

PICKIN, J., TIMBERLAKE, S. 1988: Stone hammers and fire-setting: a preliminary experiment at Cwmystwyth Mine, Dyfed. *Bulletin of the Peak District Mines Historical Society* 10 (3), 1988, 165-167.

- POPOV, H. ET AL. 2014:** Feuersetzen beim Abbau der goldhaltigen Quarzgänge im spätbronzezeitlichen Goldbergwerk auf dem Ada Tepe, Südbulgarien. *Experimentelle Archäologie in Europa* 13. Bilanz 2014, 27-44.
- REYNOLDS, P. 1979:** Iron-Age Farm: The Butser Experiment. London 1979.
- REYNOLDS, P. 1999:** The nature of experiment in archaeology. In: A. F. Harding (ed), *Experiment and Design in Archaeology: Archaeological studies in honour of John Coles*. Oxford 1999, 156-162.
- STÖLLNER T. 2014:** Gold in the Caucasus: new research on gold extraction in the Kura-Araxes Culture of the 4th millennium BC and early 3rd millennium BC. In: H. Meller, R. Risch, E. Pernicka (eds.), *Metals of Power – early gold and silver*. Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 11, Halle 2014, 71-110.
- STÖLLNER T., GAMBASCHIDZE I., HAUPTMANN A. 2008:** The earliest gold mining of the Ancient World? Research on an Early Bronze Age gold mine in Georgia. In: *Ancient Mining in Turkey and the Eastern Mediterranean: Proceedings of an International Conference*. Ankara 2008, 271-288.
- STÖLLNER T. ET AL. 2012:** Feuersetzen im frühesten Metallerzbergbau und ein Experiment im frühbronzezeitlichen Goldbergbau von Sakridissi, Georgien. In: K. Oeggl, V. Schaffer (Hrsg.), *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*. Proceedings zum 6. Milestone-Meeting des SFB HiMAT Klausen 2011. Innsbruck 2012, 65-76.
- STOYCHEV, R., PENKOVA, P., GROZEVA, M. 2014:** Practical challenges of archaeometallurgy of gold found in the Thracian gold mine at Ada Tepe, Southeast Bulgaria – Analytical approaches and experimental reconstructions. *Experimentelle Archäologie in Europa* 13. Bilanz 2014, 45-58.
- TIMBERLAKE, S. 1990:** Firesetting and primitive mining experiments, Copa Hill, Cwmystwyth. In: P. Crew, S. Crew (eds.), *Early Mining in the British Isles*. Plas Tan y Bwlch Occasional Publication no.1. Maentwrog 1990, 53-55.
- TIMBERLAKE, S. 2002:** Ore prospection during the Early Bronze Age in Britain. In: M. Bartelheim, E. Pernicka, R. Krause (eds.), *The Beginnings of Metallurgy in the Old World*. *Archäometrie – Freiburger Forschungen zur Altertumswissenschaft* 1. Freiberg 2002, 327-357.
- TIMBERLAKE S. 2003:** Excavations on Copa Hill, Cwmystwyth (1986-1999): An Early Bronze Age Copper Mine within the uplands of Central Wales. *British Archaeological Reports (British Series)* 348. Oxford 2003.
- TIMBERLAKE, S. 2005:** In search of the first melting pot. *British Archaeology* No. 82, May/June 2005, 32-33.
- TIMBERLAKE S. 2007:** The use of experimental archaeology/archaeometallurgy for the understanding and reconstruction of Early Bronze Age mining and smelting technology. In: S. La Niece, D. Hook, P. Craddock (eds.), *Metals and Mines: Studies in Archaeometallurgy*. London 2007, 27-36.
- TIMBERLAKE S. 2009:** Copper mining and metal production at the beginning of the British Bronze Age. In: P. Clark (ed.), *Bronze Age Connections*. Oxford 2009, 95-122.
- TIMBERLAKE, S. 2010:** Geological, mineralogical and environmental controls on the extraction of copper ores in the British Bronze Age. In: P. Anreiter et al. (eds.) *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*. Proceedings of 1st conference of SFB-HiMAT 2009. Innsbruck 2010, 289-296.
- TIMBERLAKE, S. 2013:** From ore to artefact: smelting Alderley Edge copper ores and the casting of a small copper axe. In: D. Dungworth, R. Doonan (eds.), *Accidental and Experimental Archaeometallurgy*. HMS Occasional Publication No.7. London 2013, 135-152.
- TIMBERLAKE, S. 2014:** The study of cobble

stone, bone, antler and wooden mining tools in prehistoric metal mining: new evidence from the British Isles and beyond. In: J. Silvertant (ed.), Research and preservation of ancient mining areas. International symposium on archaeological mining history 9, Trento 2014. IES Yearbook 2014. Valkenburg aan de Geul 2014, 26-55.

TIMBERLAKE, S., MARSHALL, B. R. 2013: Prehistoric metal mining in Britain: the study of cobble stone mining tools based on artefact study, ethnography and experiment. *Chungara Revista de Antropologia Chilena* 45(1), 2013, 33-59.

TIMBERLAKE, S., MARSHALL, P. 2013a: Understanding the chronology of British Bronze Age mines – Bayesian modelling and theories of exploitation. In: P. Anreiter et al. (eds.), *Mining in european history and its impact on environment and human societies*. HIMAT-MEH2012 Session 2: Production and technology. Innsbruck 2013, 57-64.

TIMBERLAKE, S., MARSHALL, P. 2013b: The beginnings of metal production in Britain: A new light on the exploitation of ores and the dates of Bronze Age mines. In: P. Craddock (ed.), *The Origins of Metallurgy in Europe*. *Historical Metallurgy* 47(1), 75-92.

TIMBERLAKE S., PRAG, A. J. N. W. 2005: *The Archaeology of Alderley Edge – Survey, Excavation and Experiment in an Ancient Mining Landscape*. British Archaeological Reports 396. Oxford 2005.

WILLIAMS, R. A. 2013: Linking Bronze Age copper smelting slags from Pentwyn on the Great Orme to ore and metal. In: P. Craddock (ed.), *The Origins of Metallurgy in Europe*. *Historical Metallurgy* 47(1), 93-110.

YOUNG, T. 2010: *Archaeometallurgical residues from Domgay Lane, Four Crosses, Powys*. Geo.Arch Report 2010/23 (unpublished).

Picture credits

Fig. 1: Photo P. Craddock

Fig. 2, 6-12, 14-19: Photo S. Timberlake

Fig. 3: B. Craddock, S. Timberlake

Fig. 4: Drawing B. Craddock (EMRG)

Fig. 5: B. Craddock

Fig. 13: Photo Alan Williams

Author

Dr. Simon Timberlake

Cambridge Archaeological Unit

34A Storey's Way

Cambridge CB3 0DT

United Kingdom

St410@cam.ac.uk

Simon.timberlake@gmail.com

zukû, bûsu, tersîtu

Von der Kunst, farbiges Glas zu machen

Maren Siegmann

Summary – zuku, busu, tersitu. The art of making coloured glasses. *It all started harmlessly enough: to show how to make late bronze age glass beads in Unteruhldingen. Then: can you give us a paper, so our team knows the basics concerning bronze age glass? And by now, one stuck with Mesopotamian clay tablets and cuneiform texts up to the eyebrows of recipes describing the art of making coloured glasses.*

Short abstracts of these recipes are well-known within glass-making literature. Regarding the complete thesaurus of recipes (excellently edited and translated), it becomes clear that the known "texts" are unacceptably reduced or a hodgepodge out of separate recipes. This paper discusses the recipes, the small steps from raw materials via semi-processed substances to the desired glass and the technical difficulties met (and solved). Furthermore, the processes described in the recipes are compared to archaeological finds such as Ulu Burun, Qantir and Amarna, and to glass-melting experiments.

Es fing alles ganz harmlos an – mit einer Anfrage des Pfahlbaumuseums Unteruhldingen. Ob ich mir vorstellen könnte, drei Tage lang 'urnenfelderzeitliche' Glasperlenmacherei vorzuführen? Natürlich gerne: Wozu ist frau schließlich Archäologin-Perlenmacherin-Museumspädagogin? Es blieb harmlos – könnten Sie uns vielleicht eine kleine Einführung zu bronzezeitlichem Glas schreiben, als Einführung in das Thema für unsere Mitarbeiter? Wiederum natürlich gerne. Und schon steckt man mittendrin in mesopotamischen Keilschrifttexten. Anleitungen für die Kunst, farbiges Glas zu machen.

Kurze Auszüge dieser Rezepte geistern seit jeher in der Glasliteratur herum. Betrachtet man aber den Gesamtbestand der Rezepte (vorbildlich erschlossen und übersetzt) zeigt sich, dass diese Auszüge unzulässig gekürzt oder gar aus verschie-

denen Rezepten zusammengezogen sind. Um diese Rezepte wird es gehen, um die geschilderten Arbeitsschritte, und um die technischen Hürden, die dabei genommen wurden. Den Rezepten gegenübergestellt werden archäologische Funde und Befunde (wie Qantir, Amarna oder Ulu Burun) und Experimente zur bronzezeitlichen Glasherstellung.

Beschäftigt man sich mit Glasgeschichte und Glastechnik stößt man immer wieder in verschiedenen Varianten auf ein Rezept:

„Wenn du ungefärbtes Glas herstellen willst, so zerreiße getrennt voneinander 10 Minen Sand, 15 Minen Asche von Soudapflanzen und 1 Mine Styragummi. Mische diese Stoffe zusammen und bringe sie in den kalten Ofen, der vier Augen hat. Unterhalte dann ein gutes rauchloses

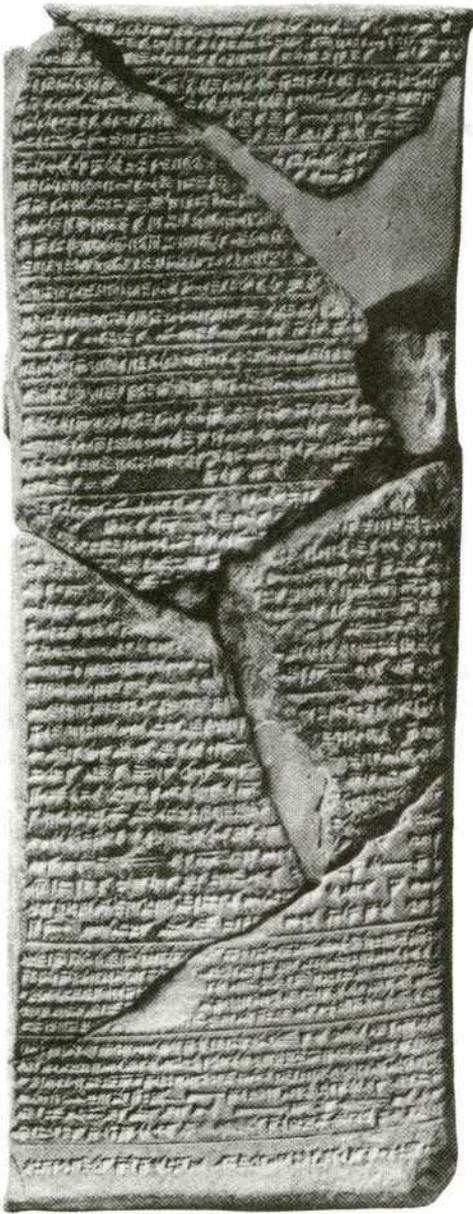


Abb. 1: Tablet A mit Rezepten § 7 bis § 15. – Tablet A with recipes § 7 to § 15.

Feuer, bis die Masse weißglühend ist. Nimm sie aus dem Ofen und lasse sie erkalten, zerreiße sie, bringe sie in einen reinen Schmelztiegel, setze sie in den kalten Ofen und unterhalte ein gutes Feuer bis die Masse flüssig ist. Diese geschmolzene Masse gieße dann auf

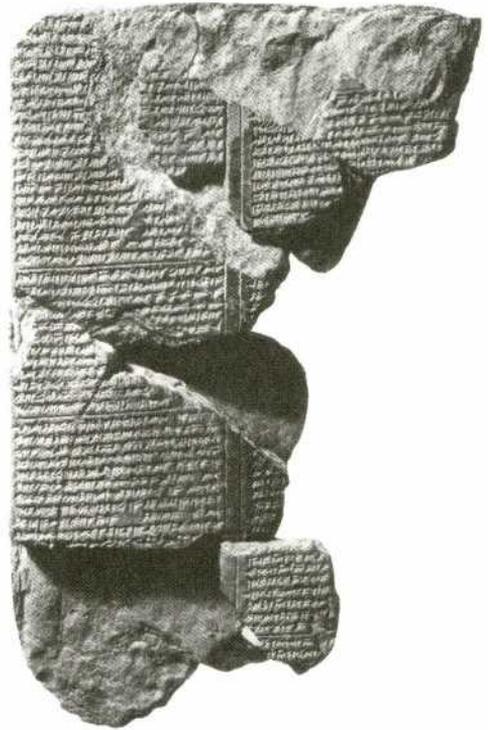
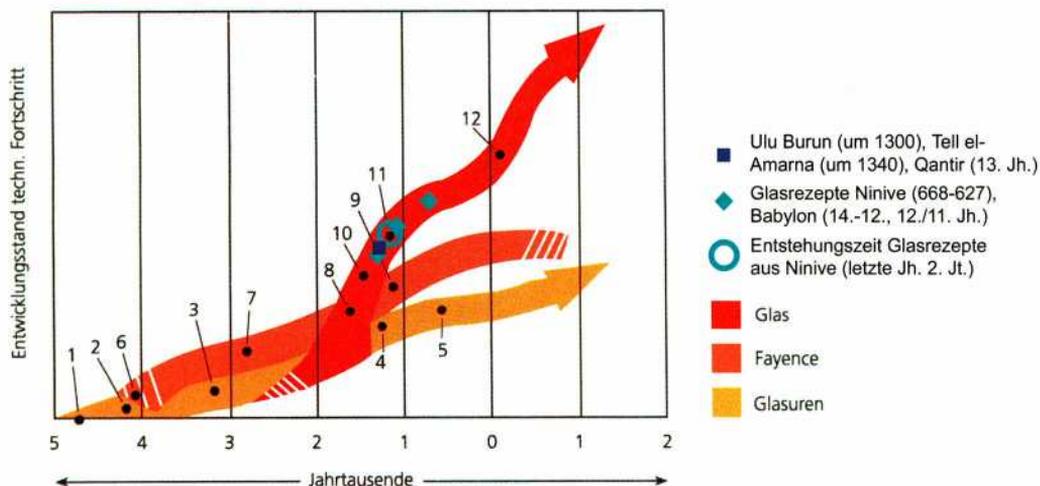


Abb. 2: Tablet B mit Einleitung und Rezepten § 1 bis § 7. – Tablet B with introduction and recipes § 1 to § 7.

Ziegel. Das Produkt ist helles Glas.“ (Rezept für Glasur, GANZENMÜLLER 1939, 8).

“If you want to produce zagindurû-colored glass, you grind finely, separately, 10 minas of immanaku-stone, 15 minas of naga-plant ashes and 1 ⅓ minas of 'white plant'. You mix these together. You place the mixture into a cold kiln that has four openings. You keep a good and smokeless fire burning [...] As soon as the mixture glows yellow, you pour it on a kiln-fired brick and this is called zukû-glass [...]” (Rezept für Glas, SCHWEIZER 2003, 33).

Beide Übersetzungen sollen denselben Text wiedergeben, wobei die inhaltlichen Unterschiede z. T. gravierend sind. Also ad fontes – die bestmögliche Edition des Originals musste her. Gleich vorweg: Die publizierten Varianten des Rezeptes sind



- 1 erste Alkaliglasuren auf Kleingeräten aus Steatit aus einer jungsteinszeitlichen Siedlung bei Badari (Oberägypten), 5000 v. Chr.;
- 2 erste Bleiglasuren auf Ziegelsteinen, rot, gelb und braun, etwa 4200 v. Chr.;
- 3 blaue Kupferglasuren in Ägypten, etwa 3200 v. Chr.;
- 4 hochentwickelte Glasurtechnik, erste durch Zinnoxid getrübbte Glasuren, 1200 v. Chr.;
- 5 glasierte Keramik am Ischtartor in Babylon, 7. Jh. v. Chr.;
- 6 Perlen und Amulette aus Fayence in Ägypten und Mesopotamien, 4200 v. Chr.;
- 7 rechteckige Wand- und Bodenplättchen für die Pyramide des Königs Djoser, etwa 2800 v. Chr.;
- 8 Blütezeit der Technik der ägyptischen Fayence 1600 v. Chr.;
- 9 Kacheln aus Fayence aus dem Palast Ramses III., 12. Jh. v. Chr.; 10 – erste Glaserzeugnisse um 1500 v. Chr.;
- 11 Blütezeit der Sandkerntechnik in Ägypten, erste Millefioriarbeiten in Mesopotamien 15. Jh. v. Chr.;
- 12 Erfindung des Glasblasens mit der Glasmacherpfeife.

(nomenklatorisch an vorliegende Arbeit angeglichen)

Abb. 3: Zeitliche Entwicklung von Glasur, Fayence und Glas. – Evolution of glaze, faience and glass.

in der Regel gekürzt, aus dem Zusammenhang gerissen oder gar aus mehreren unterschiedlichen Rezepturen zusammengestückelt.

Ad fontes. Die Anweisung, wie zagindurü-farbenes Glas zu machen sei, stammt aus Ninive, aus der Palastbibliothek Assurbanipals, 668-627 v. Chr. Dieses Rezept und weitere 53 aus Ninive, Babylon und Boghazköy wurden 1970 mustergültig von Leo Oppenheim vorgelegt (OPPENHEIM 1988, 22-68). 'Unser' Rezept bildet dabei den Anfang (§§ 1-3).

Natürlich sind alle diese Rezepte in Keilschrift auf Tontäfelchen notiert. Und ebenso natürlich sind diese Tafeln beschädigt,

zerbrochen, fragmentiert (Abb. 1-2). Einige Rezepte (wozu auch das zagindurü-farbene grüne oder türkise Glas gehört) finden sich in leicht abweichender Wortwahl doppelt auf zwei verschiedenen Tafeln und liegen deshalb vollständig vor. Andere Rezepte sind lückenhaft.

Dazu kommen (wie sollte es anders sein) Übersetzungsschwierigkeiten – einige Wörter werden ausschließlich hier genannt. Bei anderen ist die Zuordnung/Übersetzung unsicher – Rezept § N beispielsweise fordert (sumerisch) IM.SIG7.SIG7 = wörtlich 'grüne Erde' = (akkadisch) guhlu = schwarze Augenschminke als Zutat, womit Antimon (Sb₂S₃) ge-

meint sein kann (OPPENHEIM 1988, 78), aber keineswegs sein muss (BRILL 1988, 117-118). Rezeptliteratur allgemein ist meist spröde und wortkarg formuliert, nur wenig lässt sich aus dem Kontext erschließen. Selbstverständliches und Bekanntes wird gerne ausgelassen, besonders, wenn sich das Werk an Profis richtet. Auch die Tontafel-Glasrezepte sind keine Schritt-für-Schritt-Do-it-Yourself-Anleitung, sondern Expertenwissen. Irgendwann aus irgendeinem Anlass auf Befehl von Irgendwem Irgendwo von Schreibern festgehalten, geordnet, strukturiert und redigiert. Und dann als Abschrift von der Abschrift über die Zeit gerettet.

Von den verschiedenen 'Irgend's ist hier vor allem das Wann von Interesse. Die ältesten der Texte (§§ i-iv und §§ a-h) stammen aus dem 14.-12. bzw. 12./11. Jh. v. Chr. (OPPENHEIM 1988, 62; 65). Die 'Originale' zu den Abschriften aus Ninive scheinen anhand sprachhistorischer Erwägungen in den letzten Jahrhunderten des 2. Jts. v. Chr. (13. Jh. v. Chr.?) entstanden zu sein (OPPENHEIM 1988, 82).

Glasrezepte aus der späten Bronzezeit – ein einmaliger Glücksfall. Dabei ist die Quellenlage zu Glas des 14. und 13. Jhs. v. Chr. im Ostmittelmeerraum ohnehin schon sehr reichhaltig und vielfältig (Abb. 3). Objekte aus Fayence in unterschiedlichen Farben und kleine farbenfrohe Gefäße aus undurchsichtigem Glas (Abb. 4) fanden sich in Massen in den politischen und wirtschaftlichen Zentren der Zeit – Mykene, dem Hethitischen Großreich, Assyrien, Babylonien und Ägypten (Abb. 5). Dazu direkte und indirekte Belege für Glasverarbeitung und Glasherstellung in Ägypten, 200-350 kg Rohglas in Barrenform an Bord des Schiffswracks von Ulu Burun vor der türkischen Küste, Reste weiterer Rohglasbarren von verschiedenen Fundorten. Grund genug, sich die Rezept einmal näher anzuschauen und Werkstattfunden gegenüberzustellen.

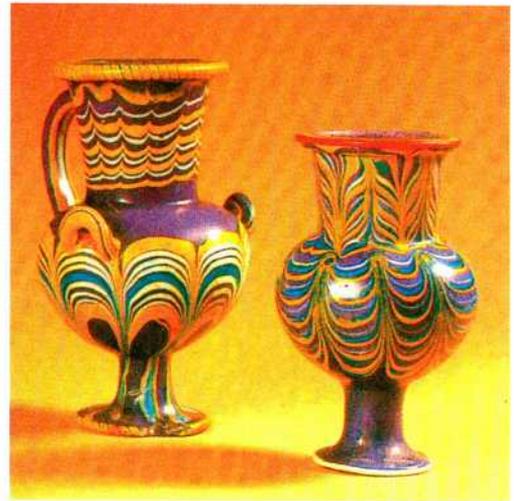


Abb. 4: Typische Glasgefäße der späten Bronzezeit. – Typical Late Bronze Age glass vessels.

Die Vorbereitungen

Drei Tontafeln (A, B, C) beginnen mit Vorbereitungen: ein günstiger Zeitpunkt ist zu finden, Opfer sind zu bringen, die rituelle Reinheit aller beteiligten Personen zu gewährleisten. Brennmaterial ist zu besorgen: gebündeltes geschältes astfreies dickes Pappelholz, im Juli/August geschlagen, für ein starkes und rauchfreies Feuer.

Die technischen Einrichtungen – Öfen und Tiegel

Meist verwenden die Anweisungen das unspezifische kuru = Ofen bzw. kuru sa abni = Ofen für Glas. Einige Rezepte nennen spezielle Öfen, so den 4-Augen-kuru (mit 4 Öffnungen; §§ 1, 3, 4, 6, 7, 16, x), den kuru sa takkanu/tukannu (Kammerofen; §§ 1, 2, 4, 5, 6, 13, 14, 15, 16), den atunu-Ofen (§§ 8, 12, 18, L) und den tenuru-Ofen (§ U). Tenuru und atunu könnten Synonyme sein. Der atunu-Ofen wurde auch von Töpfern, Ziegelbrennern und Brauern verwendet, war geräumig und für sehr lange Feuerungsperioden

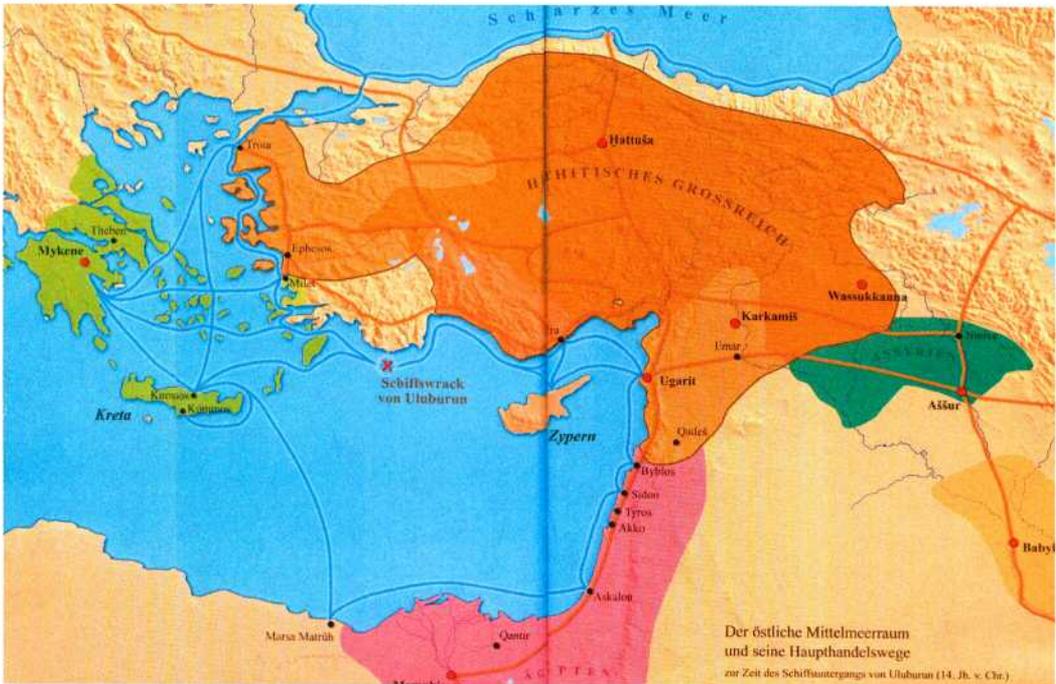


Abb. 5: Der östliche Mittelmeerraum im 14. Jh. v. Chr. – Eastern Mediterranean during 14th century BC .

geeignet. Atūnu und Kammerofen besaßen eine separate Feuerungskammer, der 4-Augen-Ofen dagegen nicht. Anschaulich ist die Anweisung in § 6, den Tiegel auf ein Podest zwischen die Öffnungen zu stellen und dann den Ofen zu befeuern, bis Flammen aus den Öffnungen schlagen.

Auch für Tiegel tauchen unterschiedliche Begriffe auf. Der normale 'Einheitstiegel' heißt dabtu, wohl ein eher niedriges und weites Gefäß. Der dabtu-Tiegel kommt unspezifiziert, sauber oder neu zum Einsatz. Eine andere Gefäßart scheint der haragu-Tiegel der §§ 13-15 zu sein, wobei er je nach Anwendung gebraucht oder neu sein soll. Tamšiltu (§§ 7, 8, 12, 18, L) ist dem Namen nach ("what creates a likeness") eher eine Form als ein Tiegel. Eine Sonderform ist der fest verschließbare imgurru-Tiegel für rotes Glas der Anweisungen §§ i-iv.

Hinweise auf die Größe zumindest einiger dabtu-Tiegel geben die Füllmengen. In §

1 werden $26 \frac{2}{3}$ minas pulverisierte Zutaten gemischt, was ca. 13 kg bzw. ca. 7,5 l Rohmaterialien entspricht. Diese Mischung wird gesintert, fein zerrieben und in einem dabtu-Tiegel geschmolzen; nach BRILL (1988, 123) ergibt sie ca. 3,5 l Glas. Nach § 3 sind mehr als $22 \frac{1}{3}$ minas (ca. 11 kg) pulverisierte Zutaten in den dabtu-Tiegel zu geben. Das lässt Gefäßdurchmesser zwischen 20-25 cm (3,5 l) und 30-35 cm (7,5 l) vermuten. Wendet man die Faustregel frühneuzeitlicher Glasmacher an (Innenraum des Ofens = Randdurchmesser des Tiegels x 3) kann man für 4-Augen-Öfen Innendurchmesser zwischen 75 und 105 cm annehmen.

Das Grundglas

Wie ein farbloses Grundglas (zukû-Glas) zu machen sei, erläutern die §§ 1, 4, 13 und 16. Immanaku-Stein ist fein zu zerreiben, dazu kommt ebenfalls feingeriebene Asche der naga- oder der ahussu-

Pflanze. Beides wird gemischt und im 4-Augen-Ofen zwischen den Öffnungen 'arrangiert'. Nun wird der Ofen angefeuert und das Gemisch gesintert, d. h. gerade soweit erhitzt, dass das Material zusammenpappt, ohne jedoch zu schmelzen. Nach § 13 soll das Material grün und nach § 4 rot glühend sein, dann aus dem Ofen genommen werden zum Abkühlen. § 13 fordert eine zweite Sinterung, diesmal in einem Tiegel. Nicht genannt, aber natürlich erforderlich, ist, die zusammengesinterten Brocken zuvor fein zu zerreiben. Nach Abschluss der Sinterung soll der Tiegelinhalt in kaltes Wasser geschüttet werden.

Dieser Arbeitsschritt – das Fritten – ist auch heute noch üblich und erfolgt bei ca. 850°C; unerwünschte Inhaltsstoffe werden so entfernt. Mechanisches Aussortieren beim anschließenden Feinreiben der Fritte und ggf. Waschen der Fritte in Wasser helfen weiterhin, das Gemenge zu klären und einen Überschuss an alkalischen Salzen herauszuwaschen. Während des Frittens muss das Material bewegt werden, um eine Schmelze zu verhindern (STROMER 1984, 29, Kap. IV). Keines der Grundglas-Rezepte fordert für das erste Fritten einen Tiegel, möglicherweise erfolgte das Fritten auf dem Ofenboden (sinnvollerweise auf einem Sandbett o. ä.).

Nun erfolgt die Hochtemperatur-Schmelze des eigentlichen Glases: Die pulverisierte Fritte kommt in einen sauberen Tiegel (dabtu bzw. haragu), der Tiegel in den kalten Kammerofen. Nun wird gefeuert, bis der Tiegelinhalt gelb glüht. § 16 fordert den Glasmacher auf, einmal einen Stab o. ä. durch das Glas zu ziehen und anhand des Glastropfens daran die Qualität/Homogenität zu prüfen. Nun wird der Tiegelinhalt auf einen gebrannten Ziegel gegossen.

Die Beurteilung der Temperatur von Glas anhand seiner Glüh-Farbe ist die einfachste und sicherste Methode – sowohl

die Farbangaben beim Fritten als auch beim Schmelzen sind stimmig. Für den eigentlichen Schmelzvorgang sind Temperaturen von 1000-1150°C nötig, wobei für die Spätbronzezeit von 1000-1100°C ausgegangen wird (STERN, SCHLICK-NOLTE 1994, 20). Der Homogenitäts-Test des § 16 war auch in neuzeitlichen Glashütten üblich. Das Aufbrechen der Oberfläche ließ Gase entweichen, das einmalige Hineintauchen von etwas Feucht-frisch-grünem brachte das Glas zum Aufwallen und verbesserte noch einmal die Qualität (BECKER 1988/89, 44).

Die Zutaten zum Grundglas

Naga-Pflanze, Asche der naga-Pflanze, Asche von Trieben der naga-Pflanze, ahasu-Asche: Es gibt eine ganze Reihe von Pflanzen, deren Asche verschiedene Alkalien liefert, am bekanntesten sind die Gattungen *Salicornia* und *Salsola* (SCHWEIZER 2003, 33-36). Pflanzenaschen liefern als Flussmittel K_2O und geringe Anteile Na_2O (Soda dagegen nur Na_2O), enthalten relativ viel Magnesium und Kalk (beides fehlt in Soda). Eigentlicher Grundstoff für Glas ist Siliciumdioxid (SiO_2), Quarz. Zerklopfte ausgesuchte weiß-farblose Kiesel liefern den reinsten Rohstoff, Sand dagegen kann (muss aber nicht) stark verunreinigt sein. Die dritte heute wichtige Komponente für stabiles Glas ist Kalk. Enthält Glas zu wenig oder zu viel Kalk, leidet die Qualität bis hin zur völligen Unbrauchbarkeit. Sinnvolle Rohstoff-Kombinationen sind Pflanzenasche + Quarzkiesel oder aber natürliche Soda + kalkhaltiger Sand; Soda + Quarzkiesel braucht einen Kalkzusatz, Pflanzenasche + Sand braucht ausgesucht kalkarmen Sand. Kalk ('weißes Material aus dem Meer') wird nur in den Rezepten §§ 3, 6, 7 und 14 zugesetzt, zusammen mit farbgebenden Komponenten.

Natürlich gibt es Uneinigkeit, ob mit immanaku Quarzkiesel oder Quarzsand ge-

meint seien. Ersteres ist aber wahrscheinlicher und wird auch durch sprachliche Indizien gestützt (BRILL 1988, 109-110). Die Anteile Asche : Quarz sprechen für die Verwendung der rohen Asche, nicht der raffinierten und konzentrierten Form als Pottasche (sehr informativ zu Pflanzenaschen PIERER'S UNIVERSAL-LEXIKON 1857-1865, Stichwort „Pottasche“).

Um es chemisch analysieren zu können, erschmolz BRILL (1988, 112-114) zukû-Glas entsprechend § 4. Das Ergebnis war ein Glas unerwartet hoher Qualität mit nur minimalen Spuren unreaktierter Bestandteile und nur wenigen Blasen. Wo genug Sauerstoff vorhanden war, war es transparent mit einem hellen Blaustich. Unter reduzierenden Bedingungen war ein durchsichtiges bernsteinfarbenes Glas entstanden – dieses ließ sich aber durch erneutes Einschmelzen unter Sauerstoffzufuhr entfärben. Interessanterweise behandelt Rezept § L (leider unvollständig) zukû-Glas „das aussieht wie Gold“.

Farbiges Glas

In allen Rezepten geht es letztendlich um die Herstellung von farbigem Glas. Keines dieser Rezepte kann experimentell nachvollzogen werden, weil jedes entweder nicht identifizierbare Zutaten enthält, Gläser oder Pigmente unbekannter Zusammensetzung (z. B. anzahhu, busu, mekku, tuzkû), oder unvollständig überliefert ist. Halbwegs nachvollziehbar ist nur die Herstellung von tersitu-Glas aus 'slow copper compound' und zukû-Rohglas (§§ 2 und 5).

Einige Rezepte sind „nur“ reine Zutatenlisten. Andere geben detaillierte Anweisungen, wie zu verfahren sei. Generell beginnt jeder Arbeitsschritt damit, die Zutaten fein zu zerreiben, zu mischen und in einen Tiegel zu tun. Mal soll der Tiegel in einen heißen, mal in den kalten Ofen. Der Tiegelinhalt wird geschmolzen, dann entweder auf einen gebrannten Ziegel

oder in Wasser geschüttet. Dieses kann sich mehrfach wiederholen unter Zufügung weiterer Zutaten, gegebenenfalls sogar Quarz oder Pflanzenasche.

Der letzte Arbeitsschritt verläuft dann anders. In einigen Rezepten (§§ 7, 8, 12 und 18) kommt nun die tamšiltu-Form zum Einsatz: Das feingeriebene Glas aus dem letzten Zwischenschritt wird eingefüllt, geschmolzen und bis zu 7 Tage im heißen bzw. langsam auskühlenden Ofen belassen. Die Anweisungen der §§ 3 und 6 verlangen vom Glasmacher großes Geschick, denn er soll das geschmolzene Glas im heißen Ofen in einen neuen dabtu-Tiegel umfüllen, der dann samt Inhalt ebenfalls langsam im Ofen abkühlen wird. Das Auf-Ziegel-Schütten hat zu einiger Verwirrung geführt, u. a. der Deutung als Rezepte für Glasuren (GANZENMÜLLER 1939, 10). Die Anweisung anderer Rezepte, das heiße Glas in Wasser zu schütten (§§ 14, 15) oder (§ 13) das auf den Ziegel geschüttete Glas mit Wasser abzulöschen, machen aber die Intention klar: Die Glasmasse soll einen Temperaturschock bekommen und im nächsten Schritt einfacher zu zerreiben sein. Das Abschöpfen von geschmolzenem Glas in Wasser und das erneute Einschmelzen dient zudem wiederum der Qualitätsverbesserung und war/ist bis in die Neuzeit üblich (BECKER 1988/89, 44; GANZENMÜLLER 1936, 75).

Rotes Glas

Eine technische Herausforderung stellt das Erschmelzen von opak rotem Glas dar, welches unter kontrollierter geringer Sauerstoffzufuhr erfolgen muss. Die Tricks sind eigentlich einfach – verschlossene Tiegel (§ 12) bzw. eine auf die Glasmasse gestreute Abdeckschicht (§ iii). Neben dem Umschlagen der Farbe durch zu viel drohte jedoch ein weiteres Problem, das Ausfällen von Kupfer bei zu wenig Sauerstoff (NEWTON 1980, 175;

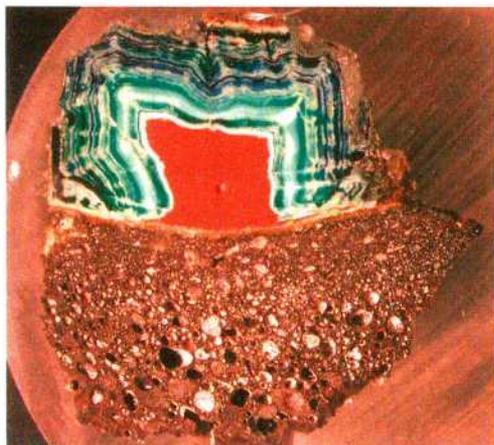


Abb. 6: Tiegelfragment mit anhaftendem rotem Glas aus Qantir. – Fragment of a crucible from Qantir with adherances of red glass .

MOOREY 1994, 214; REHREN, PUSCH 1997, 136-137; REHREN 1997, 364). Dabei war dem Glasmacher eine „Sichtkontrolle“ kaum möglich.

Generell gibt es in der Spätbronzezeit zwei verschiedene Sorten rotes Glas: eine „ältere“ Rezeptur ohne und eine „jüngere“ mit Blei im Glas. Bleiloses Rot ist dabei matter, bleihaltiges gleichzeitig leuchtender und einfacher herzustellen. Analytisch lässt sich das bleihaltige Rot erst seit dem frühen 1. Jahrtausend v. Chr. nachweisen (MOOREY 1994, 213f.); auch das rote Glas aus Qantir (Abb. 6) enthält kein Blei (REHREN, PUSCH 1997, 137). „Unsere“ Rezepte §§ I und Q für elamitisches Rot sowie – wichtiger – §§ i-iv für assyrisches, akkadisches und unbennanntes Rot enthalten Blei als Zutat. Letztere sind mittelbabylonisch und werden von OPPENHEIM (1988, 62) in das 14.-12. Jh. v. Chr. datiert.

Taktik der kleinen Schritte

Gemessen an den technischen Standards von heute wirken die Arbeitsabläufe der spätbronzezeitlichen Glasrezepte umständlich. Sehr umständlich. Zerreiben, schmelzen, zerreiben...

Natürlich taugen heutige Standards nicht zur Beurteilung von Arbeitsabläufen in der Spätbronzezeit. Die ersten Schwierigkeiten ergeben sich bei den Zutaten: Jede Charge Pflanzenasche ist chemisch anders zusammengesetzt als die davor. Gleiches gilt mit etwas Pech auch für das Quarzpulver. Ob und wie tauglich die Grundzutaten waren, zeigte sich erst bei der Verarbeitung selbst. Halbwegs kalkulierbar für den Glasmacher waren nur die Zwischenprodukte aus eigener Werkstatt – die Zutaten von anzahhu, busu, mekku, tuzkû, Augenschminke etc. aus fremder Hand mögen für ihn genauso rätselhaft gewesen sein wie für uns. Kleine Schritte, aus Erfahrung gewonnen, erlauben eine Zwischenkontrolle und eine Reaktion auf Fehlentwicklungen. Sie minimieren das Risiko eines Totalverlustes.

Glas ist kein einfaches Material, es hat Tücken!

Das Amarna-Experiment

Kehren wir kurz zurück zum Fritten der Zutaten. Neben den schon genannten positiven Effekten der Prozedur spielt hier das Problem der Volumina eine Rolle: Ein großer Haufen Pflanzenasche und Quarzpulver ergibt eine verhältnismäßig kleine Menge Glas. Was passiert, wenn dieser Faktor außer Acht gelassen wird, illustriert anschaulich ein Versuch von P. T. Nicholson in den späten 1990er-Jahren (NICHOLSON 1998; JACKSON, NICHOLSON, GNEISINGER 1998; NICHOLSON, JACKSON 2000). Bei neuen Ausgrabungen in Tell el-Amarna ab 1993 (NICHOLSON 1995; NICHOLSON 1996) deckte man u. a. zwei Öfen auf, einer durch starke Hitze innen partiell glasig verschlackt. Die Ausgräber vermuteten einen Zusammenhang mit Glasverarbeitung, allerdings ohne entsprechende Spuren an/in bzw. im direkten Umfeld der Öfen. Man befand sich mit der Ausgrabungsfläche allerdings nahe dem Bereich, der zu Zeiten von Flinders Petrie

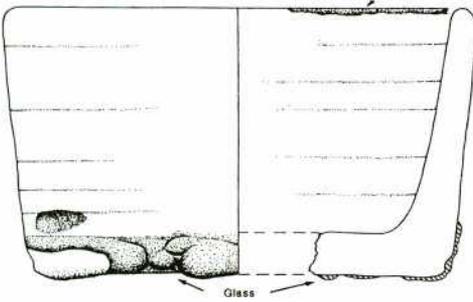


Abb. 7: Tiegel mit anhaftendem kobaltblauem Glas aus Tell el-Amarna. – Crucible from Tell el-Amarna showing traces of cobalt blue glass.

zahlreiche Belege für Fayence- und Glasbearbeitung erbracht hatte; auch 1993 kam einiges Material zum Vorschein. Die Öfen mit einem Innendurchmesser von ca. 1,5 m zeigten weder Spuren einer Lochplatte noch Spuren einer zusätzlichen Luftzufuhr. Man beschloss daher, einen Ofen an anderer Stelle nachzubauen und zu testen, ob er auf 1100/1150°C zu befeuern wäre. Dies gelang, unter Einsatz von 380 kg Brennholz.

Außerdem wollte man prüfen, ob man in diesem Ofen Glas herstellen könne, und zwar ohne irgendwelche Zwischenschritte. Hierzu wurden Amarna-Wüstensand und veraschter walisischer Seetang gemischt und auf Tiegel verteilt. Diese bestanden aus modernem Hochtemperaturmaterial, eine hohe Form (Dm. 7,5 cm, H. 9 cm) und eine flache (Dm. 18,5 cm, H. 5,5 cm). Einen hohen Tiegel füllte man zusätzlich mit zerstoßenem Bierflaschenglas. Nach über 6 Stunden Befeuerungszeit erreichte der Ofen eine Temperatur von 1150°C, eine Ofenbank brach zusammen, die darauf stehenden Tiegel stürzten ab. Der verbliebene hohe Tiegel mit Quarz-Asche-Mischung wurde inspiziert, wobei im unteren Bereich eine dunkle grau-grüne Masse mit zahlreichen Einschlüssen entstanden war und im oberen Bereich etwas, was optisch in etwa der 'blue frit' entsprach, die in Ägypten immer

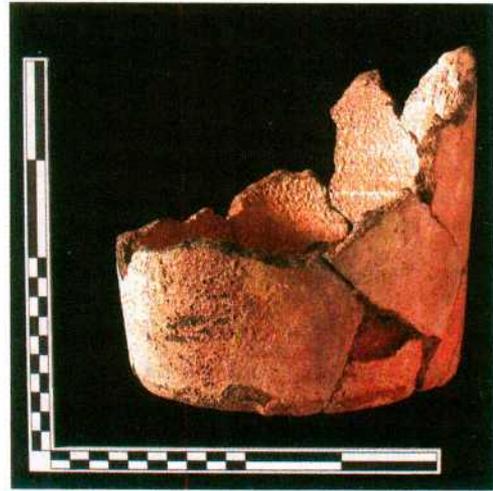


Abb. 8: Tiegelfragment mit hochoverhitztem 'hotspot' vorne links. – Fragmented crucible with highly fired 'hotspot' in front on the left side.

wieder gefunden wird. Auch der Bierflaschentiegel wurde entnommen. Ein flacher Tiegel mit Quarz-Asche-Mischung verblieb über Nacht im abkühlenden Ofen. Sowohl der Bierflaschentiegel als auch der flache Tiegel enthielten ein weitgehend blasenfreies Glas guter Qualität. Das aus dem flachen Tiegel (man hatte eine Prise Kobalt zugefügt) war blau, und wird als „Barren“ bezeichnet (NICHOLSON 1998, 117). Dieser „Barren“ gilt fortan als Beweis, dass man das zeitraubende Fritten überspringen kann. „Barren“ in Anführungszeichen – das so gewonnene Glas hatte eine Dicke von ca. 1 cm (NICHOLSON, JACKSON 2000, 19; hier korrekterweise als 'thin layer' bezeichnet).

Tiegel, archäologisch

Sowohl in Tell el-Amarna als auch in Qantir-Piramesse wurden große Mengen an mehr oder minder großen Bruchstücken zylindrischer Tongefäße gefunden, die anhand anhaftender Glasreste als Glastiegel bestimmt werden können (REHREN 1997; REHREN, PUSCH 1997; NICHOLSON, JACKSON, TROTT 1997; REHREN,

PUSCH, HEROLD 1998; REHREN 2005; REHREN, PUSCH 2005; *Abb. 7-8*). Diese Gefäße bestehen aus Nilschlamm.

Bei der Durchführung des Amarna-Ofen-Versuchs wurde bewusst auf Nilschlamm-tiegel zugunsten moderner Hightech-Produkte verzichtet. Aus gutem Grund, denn Versuche von W. E. S. Turner 1954 zeigten, dass Gefäße aus Nilschlamm bei 1100°C weich werden und nach einer Stunde bei 1150°C zu einer schwarzen Masse verklumpen (NEWTON 1980, 176; REHREN, PUSCH 1997, 137). Idealerweise sollten sie maximal auf 1100°C, besser 1050°C erhitzt werden. Das macht ihre Verwendung als Glasschmelztiegel im Hochtemperatur-Bereich komplex.

Dabei setzt nicht nur die Temperatur den Tiegeln zu – auch das Glas selbst. Glas, und hier besonders das Rohglas der ersten Schmelze, ist aggressiv und kann große Schäden am Ofen anrichten, sollte es dem Tiegel entkommen. Es zerfrisst die Tiegelwandung, macht sie instabil und erzeugt gleichzeitig einen starken Druck von innen. Runde, steilwandig-kegelförmige Formen mit flachem Boden halten dem am besten stand. Dabei darf der Ton möglichst wenig gemagert sein – das macht ihn widerstandsfähiger und er gibt dazu die Hitze besser weiter. Eine Schutzschicht gegen das Glas im Inneren ist sinnvoll. In neuzeitlichen Glashütten füllte man neue Tiegel mit Bruchglas, ließ es schmelzen und arbeitete sie leer; erst dann nutzte man die so glasierten Tiegel zur Rohglasschmelze (BECKER 1988/89, 17). Ob die „gebrauchten“ Tiegel der Glasrezepte ähnlich gebrauchsglasiert zu denken sind?

Die Tiegel aus Qantir und Amarna sind in Form und Magerung bestmöglich den Erfordernissen als Glasschmelztiegel angepasst. Innen sind sie mit einer Kalkschicht überzogen. An den Qantir-Tiegeln konnte im Kontaktbereich Kalk-Gefäßwandung eine dünne grüne Glasschicht beobachtet werden (REHREN 1997, 361). Diese ist aus

einer Reaktion des Kalks mit Salz und der Gefäßkeramik von selbst entstanden und schützte einerseits den Tiegel vor der Zersetzungskraft des Glases und andererseits das Glas vor chemischen Verunreinigungen (Eisen) aus der Tiegelwand.

Besonders gut an den Qantir-Tiegeln, aber auch am Amarna-Material, waren Spuren der Befeuerung zu erkennen (REHREN 1997, 364-365; REHREN, PUSCH 1997, 137-140; NICHOLSON, JACKSON, TROTT 1997, 146; REHREN 2005, 534-537; REHREN, PUSCH 2005). Besonders hoch erhitzte Stellen, 'hotspots' im unteren Gefäßbereich zeigen, dass die Gefäße auf Lochplatten stehend genutzt worden waren. Konsequenterweise gab es weder Ruß- noch Holzkohlespuren. Die Temperaturunterschiede zwischen 'hotspots' und etwas weniger erhitzter Gefäßwandung dazwischen sorgte zwar einerseits für mehr Standfestigkeit, andererseits bildeten sich hier Mikrorisse, durch die Glas nach außen gesickert war. Vermutlich waren es diese Glasflecke, die seinerzeit Petrie irrtümlich haben vermuten lassen, die Gefäße hätten umgedreht als Untersatz für 'fritting pans' gedient (SCHWEIZER 2003, 100-105). Glastropfen außen, vom Rand heruntergelaufene Tropfen und durchgesickertes Glas unter dem Boden der Gefäße haben in mindestens einem Fall (Amarna) dazu geführt, dass Boden und Randlippe zweier Tiegel aneinander kleben. Dies wiederum führte zu der Idee, man habe die gefüllten Tiegel zum Abkühlen aufeinandergestapelt (NICHOLSON, JACKSON, TROTT 1997, 145). Dies ist aber technisch unmöglich. Vielmehr ist hier Rehren zu folgen, der die Tiegel bis an die Grenze des Stabilitätsbereichs erhitzt sieht und selbst ein einfaches Bewegen der heißen gefüllten Gefäße für unmöglich hält (REHREN 1997, 365).

Bemerkenswert ist, dass die Tiegel – verglichen mit Hochtemperatur-Glasschmelztiegeln anderer Zeiten, die oftmals verformt-zerflossen fast wie aus ei-

nem Dalí-Gemälde daherkommen – insgesamt erstaunlich gut erhalten sind. Dies mag aber schlicht an der im Bild publizierten Auswahl der Fragmente liegen. Stark blasig-verschlackte Stücke kommen in Qantir definitiv vor sowie mindestens ein 'collapsed crucible' mit blauem Glas darin (REHREN 1997, 361).

Glasherstellung in der Spätbronzezeit

Man nehme: Pflanzenasche und Quarz, reibe beides fein, mische es, fritte es bei mäßigen Temperaturen. Vielleicht mit Gefäß (in Qantir genommen: Bierkrüge; REHREN, PUSCH 2005, 1757), vielleicht ohne. Man reinige die Fritte, tue sie in einen Tiegel, lasse die Masse bis zur Gelbglut schmelzen, schreke das frisch erschmolzene Rohglas ab. * Feinreiben, mit weiteren feingeriebenen Zutaten mischen, in einen Tiegel tun, schmelzen, abschrecken. Dem Zwischenprodukt einen eigenen Namen geben, sollte es noch keinen tragen. Ggf. ab * wiederholen.

Dann: fein reiben, in eine Form tun, schmelzen. Oder: fein reiben, in einen Tiegel tun, schmelzen, Tiegelinhalt im Ofen in einen neuen Tiegel umfüllen. Form bzw. Tiegel im Ofen belassen, irgendwann Ofen mit Inhalt auskühlen lassen. Form/Tiegel aus dem Ofen holen, Tongefäß zerschlagen, Glasbarren entnehmen. Fertig.

Ab dem * kommt – neben dem Vorteil, fast volle und nicht fast leere Tiegel zu produzieren – ein weiterer Pluspunkt der Kleine-Schritte-Taktik zum Tragen: Die nun folgenden Schmelzprozesse benötigen weniger Hitze und weniger Brennmaterial, denn „fertiges“ Glas hat einen deutlich niedrigeren Schmelzpunkt als die Rohmaterialien alleine (deshalb genügt für den letzten Schmelzvorgang in § 7 der 4-Augen-Ofen). Ab dem * können viel weniger Dinge schiefgehen, wirklich kritisch sind Schmelzgänge im Hochtemperaturbereich. Tiegel können kollabieren, Öfen



Abb. 9: Auswahl gut erhaltener Glasbarren aus dem Wrack von Ulu Burun. – Some well-preserved glass ingots from the Ulu Burun ship-wreck.



Abb. 10: Glasbarren (opak rotes Glas mit grüner Korrosionsschicht) aus Qantir. – Glass ingot (red glass corroded green) from Qantir.

zusammenbrechen. Dazu kommt die Gefahr der Verglasung: Wird Glasmasse zu lange zu hoch erhitzt, kristallisiert sie aus und wird unbrauchbar.

Heute findet keine Rohglasschmelze ohne einen gewissen Anteil an Altglas statt. Dieses beschleunigt die chemisch-physikalischen Reaktionen und spart viel Energie. Diesen Effekt kannten die Glasma-

cher der Spätbronzezeit anscheinend noch nicht.

Man wird kaum fehlgehen, die tamšiltu-Formen des letzten Schmelzanges der §§ 7, 8, 12 und 18 ähnlich den Tiegeln von Qantir und Amarna zu rekonstruieren. Erhaltene Glasbarren aus Ulu Burun und Qantir (ULUBURUN 2005, Kat. 62-79 und S. 538; *Abb. 9-10*) entstanden in vergleichbaren Formen. Schwieriger zu beurteilen sind die dabtu-Tiegel. Stimmt die pi-mal-Daumen-Größenschätzung, sind zumindest einige deutlich größer (faktisch in etwa so groß wie ihre „Berufskollegen“ des frühen 2. Jt. n. Chr.). Vielleicht erklärt sich so das Umfüllen der § 3 und 6 und das fertige Farbglas wird auf kleinere Einheiten verteilt. Dieses Umfüllen (wie auch das In-Wasser-Schütten an anderer Stelle) wird eher mit einer Kelle als durch Anheben und Kippen des Tiegels zu denken sein.

Für Qantir schlagen REHREN und PUSCH (2005, 1756) ein ständiges Nachfüllen von pulverisierten Zutaten während des Schmelzvorgangs vor und deuten eine ganze Reihe nachträglich an Tiegel angetöpferte Randverlängerungen als eine Art Trichter. Qantir produzierte aber überwiegend opak rotes Glas (Redox-Atmosphäre!), außerdem fehlen Glaströpfchen o. ä. von verschüttetem Pulver auf diesen Verlängerungen. Vielleicht dienten sie also eher zum Verschließen der Tiegel.

Glaswerkstätten in der Spätbronzezeit

Zu diesem Thema könnte man vieles sagen, was aus Platzgründen (die Redaktion wird mich sowieso schon hassen) unterbleiben muss – wer es wann wo erfunden hat, oder was unterschiedliche glasartige Materialien wie Glas, Glasur, Ägyptisch Blau etc. voneinander unterscheidet, was chemische Analysen verraten oder wie die für diese Zeit typischen farbenfrohen Glasgefäße gemacht sind.

Hier also nur einzelne ausgewählte Aspekte:

Wichtig – nicht nur für die späte Bronzezeit – ist, sauber zu unterscheiden zwischen: A) Werkstätten, die Rohglas aus Rohmaterialien erschmelzen. B) Werkstätten, die Rohglas einfärben bzw. veredeln. C) Werkstätten, die Farbglas verwenden, z. B. für Perlen oder Glasgefäße. ABC-Werkstätten können zusammengehören, 500 m oder auch 500 km auseinanderliegen. A-Werkstätten benötigen mindestens einen Hochtemperaturofen, für B-Werkstätten genügt eine einfachere Konstruktion. C-Werkstätten kommen im Extremfall mit einem Öllämpchen und einem Pusterohr aus. Im Umfeld von A- und B-Werkstätten wäre eine Tiegeltöpferei zu erwarten, außerdem massive Reibvorrichtungen. Um A- und B-Werkstätten herum wäre viel Tiegelbruch zu finden, während die C-Werkstatt ihr Rohmaterial als „nackte“ Barren aus B-Werkstätten bezieht. Der Weg von A zu B bzw. von B1 zu B2 ist schwieriger nachzuvollziehen; Funde von farblosem Glas sind selten. Rohglas und Zwischenprodukte (zukû, busu, tersitu, anzahhu & Co.) könnten bröckelig in Amphoren oder Säcken verpackt auf die Reise gegangen sein.

Die spätbronzezeitliche C-Werkstatt arbeitet mit im Feuer erhitzten Glasbrocken, und nicht aus einem Tiegel mit geschmolzenem Glas heraus. Auch neuzeitliche Perlenmacher tun dies, nur dass sie ihr Glas nicht mit einer Zange halten, sondern mit der Hand, weil die benutzten Barren bleistift dick und 1 Meter lang daher kommen. Ein dem Perlenmacher aus leidiger Erfahrung vertrautes Problem bleibt in der Literatur unbenannt: das der Kompatibilität von Gläsern aus unterschiedlichen Werkstätten. Nur Gläser, die den gleichen Ausdehnungskoeffizienten haben, lassen sich miteinander kombinieren, andernfalls kommt es zu Bruch. Der chemische Fingerabdruck ägyptischer

und vorderasiatischer Gläser des 14. und 13. Jhs. v. Chr. ist sehr ähnlich – gut für die spezialisierten C-Werkstätten. Ob diese Einheitlichkeit durch gleiche Rezepturen, gleiche Rohmaterialien oder die Grundversorgung mit Rohglas aus nur wenigen A-Werkstätten zustande kam, bliebe zu klären. Hier wird auch die Frage berührt, wann und warum nicht früher ägyptische A-Werkstätten (wie Qantir mit Sicherheit eine war) von Pflanzenasche-Quarz auf Soda-Sand-Rezepturen umgestiegen sind.

In den Glasrezepten scheinen Traditionen unterschiedlicher Werkstätten bzw. Glasmachermeister aufzuscheinen. In die gleiche Richtung weisen die Befunde aus Amarna und Qantir – letzteres auf rotes, ersteres auf kobaltblaues Glas spezialisiert. Weitere Werkstätten könnten weißes, gelbes, schwarzes Glas produziert haben. Das Ergebnis waren Edelsteine aus dem Ofen, (fast) genauso wertvoll wie das Pendant aus dem Berg (einführend hierzu SCHWEIZER 2003; ULUBURUN 2005).

C-Werkstätten bezogen Glasbarren aus unterschiedlichen B-Werkstätten. Einzelne Barren liegen aus verschiedenen Fundorten vor (PULAK 2005, 69), wichtigster Fund ist natürlich das Wrack von Ulu Burun (ULUBURUN 2005). Einige der Barren entsprechen in Farbe und Form so gut den Tiegeln aus Amarna, dass eine Herkunft der kobaltblauen Uluburun-Barren aus Amarna impliziert wird (NICHOLSON, JACKSON, TROTT 1997, 151). Es gibt jedoch einen kleinen, aber bedeutsamen Unterschied: Das Amarna-Blau enthält Antimon, die Uluburun-Barren dagegen nicht (PULAK 2005, 71). Antimon wird u. a. zur Trübung des Glases eingesetzt und findet sich regelhaft bei Analysen, jedoch nur zwei- oder dreimal in den Glasrezepten (§ 19, O, evtl. N). Das Glas der Uluburun-Barren ist durchsichtig. Die Glasobjekte dieser Zeit bestehen jedoch aus undurchsichtigem Glas – bevor ein C-Meister aus diesem Glas Einlagen oder Perlen

hätte fertigen können, hätte man es eintrüben müssen. Die Uluburun-Barren sind also eher ein Zwischen- als ein Endprodukt und waren vielleicht unterwegs zu einer Antimon-Beimischungs-B-Werkstatt. Der Kleinteiligkeit und Spezialisierung der einzelnen Arbeitsabläufe der Farbglasherstellung scheint die Spezialisierung einzelner Werkstätten auf einzelne Farben bzw. einzelne Veredelungsschritte zu entsprechen. Ein hervorragend organisiertes Distributionsnetz sorgte dafür, dass C-Werkstätten unterschiedlichster Art mit dem nötigen Farbglas versorgt wurden.

Urnfelderzeitliches Glas in Mitteleuropa

Kehren wir zum Ausgangspunkt zurück – urnenfelderzeitliche Glasperlen. Übersichtliche Formenvielfalt (im Wesentlichen 3 Typen), übersichtliche Farbgestaltung (im Wesentlichen 2 Farben). Mehrere Fundorte von C- und B-Werkstätten in Norditalien (BELLINTANI 2000; TOWLE U. A. 2001; BELLINTANI, CESARETTO, RESIDORI 2003; ANGELINI U. A. 2003). So weit, so gut. Nun wird es interessant: Die chemische Zusammensetzung der meisten analysierten Perlen zeigt, dass das verarbeitete Glas mitteleuropäisch-einheimisch ist. Auch dieses trübte man ein, allerdings nicht mit Antimon, sondern durch einen Trick. Sandkörner, dem heißen Glas zugefügt, brechen das Licht und lassen das Glas undurchsichtig(er) erscheinen (TOWLE U. A. 2001, 25). Die aus diesem Glas gefertigten Perlen zeigen oft einen Kern, der gesintert erscheint.

Gelegentlich werden diese Perlen für Fayence gehalten (GRATUZE U. A. 2013, 39), was aber falsch ist. Fayence (bzw. richtiger Quarzkieselkeramik oder Archäofayence) besteht zwar aus den gleichen Rohzutaten wie Glas, wird aber mit Wasser knetfähig gemacht, kalt geformt, getrocknet und dann gebrannt. Die fraglichen Perlen jedoch wurden heiß geformt,

bestehen also aus Glas. Die in Norditalien verarbeitete Glasmasse scheint aber den chronologisch älteren, ebenfalls in dieser Region gefertigten Fayenceperlen so ähnlich (GRATUZE U. A. 2013, 25), dass sich die Glasmacherei hier wohl aus der Fayenceproduktion entwickelt hat. Wie eng Fayence und Glas zusammenhängen können, mag folgendes Rezept illustrieren: „Nimm auf jedes Pfund des Alauns ein Pfund kalzinierten fein gepulverten Kristall, verrühre es miteinander ganz allmählich zu einem Teig und mach schnell Kugeln daraus wie ein Ei und mach sie so schnell du kannst und laß sie an der Sonne trocknen, und wenn sie trocken sind, leg sie in den Reverberierofen, der ganz rein sein soll und hüte dich wohl, daß im Ofen kein Metallrauch sei; und dann gieb zuerst kleines Feuer eine Stunde lang und dann verstärke es, daß die Kugeln rot und schwarz werden, aber mehr schwarz; und dann verstärke das Feuer ein wenig mehr, daß sie mehr rot als schwarz werden; und das laß drei Stunden lang anhalten.' In derselben Umständlichkeit geht die Anweisung weiter über 'schön rot' (wieder drei Stunden Feuer) zur Weißglut. Dann nimmt man sie aus dem Ofen, legt sie in einen neuen, sauberen Topf aus terra di Valenza 'in einen schön weißen Ofen', läßt sie schmelzen und zwei Tage lang affinieren. Dann erfolgt der erwünschte Farbzusatz.“ (GANZENMÜLLER 1936, 75.). Ein italienisches Rezept aus einer Florentiner Sammlung, aus dem 14. Jh. – nach (!) Christus.

Schluss

Es ist kaum vorstellbar, dass die mitteleuropäischen Glasmacher weniger Probleme mit Temperaturen, Tiegeln und Rohstoffen gehabt haben sollen als ihre Kollegen aus dem Ostmitteleerraum. Dabei geben die Rezepte wertvolle Einblicke in den Technologie-Standard der Zeit. Die Rezepte versammeln Expertenwissen –

wo Angaben zu Abläufen gemacht werden, handelt es sich um sehr taugliche Ansätze, mit den Unsicherheiten der Zusammensetzung der Zutaten, den Schwierigkeiten der Temperaturkontrolle in den Öfen und den Materialeigenschaften der Tiegel umzugehen bei größtmöglicher Risikominimierung. Viele der genannten Prozeduren waren bis in die frühe Neuzeit üblich bzw. sind es noch heute. Lückenhaftigkeit in der Beschreibung von Prozeduren ist ein Charakteristikum von Rezeptliteratur quer durch alle Zeiten inklusive der eigenen Keks-Back-Kladde. Dazu kommen spezifische Probleme – der Edelstein, die Farbe des Edelsteins und das Glas, welches Stein oder Farbe nachahmt, tragen den gleichen Namen. Ob Stein, Farbe oder Glas gemeint sind, muss aus dem Kontext einer Schriftquelle erschlossen werden, was natürlich mühsam ist und nicht immer sicher gelingt. Die Bewertung der Texte als "'useless' for reconstructing ancient methods and recipes" und "far removed from practical knowledge" (MOOREY 1994, 210-211) ist jedenfalls völlig unangebracht.

Rezepte

Wenn du zagindurû-farbiges Glas machen willst...

"If you want to produce zagindurû-colored glass, you grind finely, separately, 10 minas of immanaku-stone, 15 minas of naga-plant ashes and 1 ⅓ minas of 'white plant'. You mix (these) together. You put (them) into a cold kiln wich has four eyes (openings) and arrange (the mixture) between the (four) eyes. You keep a good and smokeless fire burning until the 'metal' (molten glass) becomes fritted. You take it out and allow it to cool off. You grind it finely again. You collect (the powder) in a clean dabtu-pan. You put (it) into a cold chamber kiln. You keep a good and smokeless fire burning until it (the

'metal') glows golden yellow. You pour it on a kiln-fired brick and this is called [zukû-glass].

You place 10 minas of 'slow' copper-compound in a clean dabtu-pan. You put (it) into a hot chamber kiln and close the door of the kiln. You keep a good and smokeless fire burning until the copper compound glows red. You crush and grind finely 10 minas of zukû-glass. You open the door of the kiln and throw (the ground glass) upon the copper compound [and close the door of the kiln again]. As soon as the zukû-glass becomes mixed into the surface of the copper compound [and the copper compound settles underneath the 'metal'] you stir it a couple of times with the rake until you see some drops (of liquid glass form) at the tip (of the rake). When the 'metal' assumes the color of ripe (red) grapes, you keep it boiling (for a time). (Then) you pour it (the 'metal') on a kiln-fired brick. This is called tersitu-preparation.

You collect 10 minas of tersitu-preparation, 10 minas of busu-glass, as much sifted naga-plant ashes as is needed, $\frac{2}{3}$ minas of 'white stuff', 1 $\frac{2}{3}$ minas of washed (cleaned) anzahhu-glass in a new dabtu-pan. You put (it) into a kiln which has four eyes (openings) and place it on a stand. [The base of the dabtu-pan must not touch the (bottom of the) kiln.] You keep a good and smokeless fire burning [so that the flames come out of the openings]. As soon as your mixture is melted you allow it to cool off. You take it out of the kiln and grind (it) finely. [You collect (the powder) in a clean dabtu-pan.] You put it into a cold chamber kiln. You keep a good and smokeless fire burning. Not until the 'metal' glows red do you close the door of the kiln. [After it has become re]d you [clo]se the door of the kiln and stir it once 'towards you' (with the rake) until it becomes yellow (hot). After it

has become yellow (hot), you observe some drops (forming on the tip of the rake). If the "metal" is homogeneous (without bubbles) you pour it (inside the kiln) in a new dabtu-pan, and out of the cooled-off kiln emerges zagindurû-colored glass."

... und aus dem Ofen kommt zagindurû-farbiges Glas.

Glasrezept aus Ninive (668-627 v. Chr.), OPPENHEIM 1970/²1988, §§1-3

(): Ergänzungen Oppenheim zur Erklärung/Verdeutlichung

[]: Version, die nur in einer der beiden Kopien auftaucht (nur tablet A oder tablet B)

How to produce red stone glass...

"For each mina of zukû-glass (you take) ten shekels of lead, fifteen shekels of copper, half a shekel of anzahhu-glass (and half a shekel) of antimony. This is the material for Assyrian red-stone glass.

For each mina of zukû-glass (you take) one-sixth (shekel) of lead, ten shekels of copper, one shekel of antimony, one shekel of anzahhu-glass. This is the material for Akkadian red-stone glass.

(While each of these two batches is melting in their crucibles) you remove (them) twice (from the immediate heat of the fire). When you take it out the third time you throw on it hashaltu and you take it completely out (of the kiln), but you pour it again (into another crucible) and it should come (again) to a boil, and if it (looks like) parutu-stone when you inspect the product (literally: the baked mass) do not worry. You take equal parts of the Assyrian and Akkadian red-stone glasses and let them fuse into each other and after you have let them fuse into each other and it (the glass) is (still) hot, you pour into the fused mass, for each mina,

one and one half shekels of zukû-glass, seven and one half shekels of anzahhu-glass, seven and one half shekels of copper, seven and one half shekels of lead (all of) which you have ground finely in one Operation. You remove (the batch composed of all these constituents) only once (from the immediate heat) and then take it out (of the kiln) and allow it to cool off. (During this Operation) the (smoke produced?) should be and clear and your fire should be going strong (literally: high). You pour (the mixture into another crucible) and scatter on it 'cumin-seed'-stone and You test the glass (as to its viscosity) with the tip of your tongs and lower and raise (?) (the crucible as it is necessary). (Then) you allow the product to cool off. You inspect it and if the dipu-holes (show) parutu-texture/color do not worry (because) inside the clay cover is indeed red-stone glass.

If (with) this red-stone glass inside the clay cover, 'copper dust' and 'copper exudation' form, you mix into it ten shekels of zukû-glass, one-twelfth (shekel) of copper, one-twelfth of lead, one-twelfth of anzahhu-glass - (but) do not bring in any antimony - per mina (of glass) and (then) inspect it. During the mixing-in you do and (then) you remove it.

According to Lē'e-kali-dšĀ.Zu, son of Us-sur-an(a)-dMarduk, scribe of Marduk, a native of Babylon.

Month AB.Ē, 24th day, year (after that in which) Gulkišar (became) king."

... inside the clay cover is indeed red-stone glass

mittelbabylonisches Glasrezept (14.-12. Jh. v. Chr.), OPPENHEIM 1970/21988, §§ i-iv (:): Ergänzungen Oppenheim zur Erklärung/Verdeutlichung

Literatur

ANGELINI, I., U. A. 2003: Project "Glass materials in the protohistory of North Italy": a first summary. In: Atti del II Congresso nazionale di Archeometria, Bologna 2002. Bologna 2003, 581-595.

BECKER, H. 1988/89: Waldglas aus dem Oberpfälzer Wald. Untersuchungen in einer Glashütte des 17. Jhs. bei Altglashütte, Lkr. Tirschenreuth. Unpubl. Magisterarbeit Universität Bamberg. Göttingen 1988/89.

BELLINTANI, P. 2000: I bottoni conici ed altri materiali vetrosi delle fasi non avanzate della media de Bronzo dell'Italia settentrionale e centrale. Padusa XXXVI, 2000, 95-107.

BELLINTANI, P., CESARETTO, M., RESIDORI, G. 2003: Progetto "I materiali vetrosi". Archeologie Sperimentali. Trento 2003.

BRILL, R. H. 1988: The Chemical Interpretation of the Texts. In: A. von Saldern u. a., Glass and Glassmaking in ancient Mesopotamia. Corning 1970, Reprint 1988, 105-130.

GANZENMÜLLER, W. 1936: Hüttengeheimnisse der italienischen Glasmacher des Mittelalters. Glastechnische Berichte 14, 321, 1936, 71-84.

GANZENMÜLLER, W. 1939: Glassätze vor 3000 Jahren. Die Glashütte 1939/1, 6-10.

GRATUZE, B., U. A. 2013: Les perles en faïence et en verre de l'âge du Bronze: contextes archéologiques et analyses pour l'Alsace et la Lorraine. Cahiers Alsaciens d'Archéologie, d'Art et d'Histoire 2013, 21-45.

JACKSON, C. M., NICHOLSON, P. T., GNEISINGER, W. 1998: Glassmaking at Tell el-Amarna: an integrated approach. Journal of Glass Studies 40, 1998, 11-23.

MOOREY, P. R. S. 1994: Ancient Mesopotamian Materials and Industries. The Archaeological Evidence. Oxford 1994.

NEWTON, R. G. 1980: Recent Views on ancient glasses. Glass Technology 21/4, 1980, 173-182.

- NICHOLSON, P. T. 1995:** Glassmaking and glassworking at Amarna: some new work. *Journal of Glass Studies* 37, 1995, 11-19.
- NICHOLSON, P. T. 1996:** New evidence for glass and glazing at Tell el-Amarna (Egypt). In: *Annales du 13e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre 1995*. Lochem 1996, 11-19.
- NICHOLSON, P. T. 1998:** 'Kind of Blue': Glass of the Amarna Period replicated. In: P. McCray, W. D. Kingery (Hrsg.), *The Prehistory & History of Glassmaking Technology. Ceramics and Civilization VIII*. Westerville 1998, 105-120.
- NICHOLSON, P. T., JACKSON, C. M., TROTT, K. M. 1997:** The Ulu Burun Glass Ingots, Cylindrical Vessels and Egyptian Glass. *The Journal of Egyptian Archaeology* 83, 1997, 143-153.
- NICHOLSON, P. T., JACKSON, C. M. 2000:** Tell el-Amarna and the Glassmakers' Workshop of the Second Millennium BC. In: M.-D. Nenna (Hrsg.), *La route du verre. Ateliers primaires et secondaires du second millénaire av. J.-C. au Moyer Âge*. Travaux de la Maison de l'Orient Méditerranéen 33. Lyon 2000, 11-21.
- OPPENHEIM, A. L. 1988:** The Cuneiform Texts. In: A. von Saldern u. a., *Glass and Glassmaking in ancient Mesopotamia*. Corning 1970, Reprint 1988, 2-104.
- PIERER'S UNIVERSAL-LEXIKON 1857-1865:** DVD-ROM-Ausgabe. Digitale Bibliothek 115. Berlin 2005 (4. Auflage).
- PULAK, C. 2005:** Das Schiffswrack von Ulu Burun. In: *Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren*. Bochum 2005, 55-102.
- REHREN, T. 1997:** Ramesside Glass-colouring crucibles. *Archaeometry* 39/2, 1997, 355-368.
- REHREN, T. 2005:** Der Handel mit Glas in der Spätbronzezeit. In: *Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren*. Bochum 2005, 533-539.
- REHREN, T., PUSCH, E. B. 1997:** New Kingdom glass-melting crucibles from Qantir-Piramesses. *The Journal of Egyptian Archaeology* 83, 1997, 127-141.
- REHREN, T., PUSCH, E. B., HEROLD, A. 1998:** Glass coloring works within a copper-centered industrial complex in Late Bronze Age Egypt. In: P. McCray, W. D. Kingery (Hrsg.), *The Prehistory & History of Glassmaking Technology. Ceramics and Civilization VIII*. Westerville 1998, 227-250.
- REHREN, T., PUSCH, E. B. 2005:** Late Bronze Age Glass Production at Qantir-Piramesses, Egypt. *Science* 308, June 2005, 1756-1758.
- SCHWEIZER, F. 2003:** Glas des 2. Jahrtausends v. Chr. im Ostmitteleuropa. Remshalden 2003.
- STERN, E. M., SCHLICK-NOLTE, B. 1994:** Frühes Glas der Alten Welt 1600 v. Chr. - 50 n. Chr. Sammlung Ernesto Wolf. Stuttgart 1994.
- v. STROMER, W. (Hrsg.) 1984:** Technik des Kunsthandwerks im zwölften Jahrhundert. Des Theophilus Presbyter *Diversarum Artium Schedula*, übersetzt und erläutert von W. Theobald. *Klassiker der Technik*. Düsseldorf 1984.
- TOWLE, A., u. A. 2001:** Frattesina and Adria: Report of scientific analyses of early glass from the Veneto. *Padusa XXXVII*, 2001, 7-68.
- TURNER, W. E. S. 1954:** Studies in Ancient Glasses and Glassmaking Processes. Part I: Crucibles and Melting Temperatures Employed in Ancient Egypt at about 1370 BC. *Journal of Glass Studies* 38, 1954, 183; 436-444.
- TURNER, W. E. S. 1956a:** Studies in Ancient Glasses and Glassmaking Processes. Part III: The chronology of the glassmaking constituents. *Journal of Glass Studies* 40, 1956, 39-52.
- TURNER, W. E. S. 1956b:** Studies in Ancient Glasses and Glassmaking Processes. Part IV: The chemical composition of Ancient glasses. *Journal of Glass Studies* 40, 1956, 162-186.
- TURNER, W. E. S. 1956c:** Studies in Ancient Glasses and Glassmaking

Processes. Part V: Raw Materials and Melting Processes. Journal of Glass Studies 40, 1956, 277-300.

ULUBURUN 2005: Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren. Katalog zur Ausstellung. Bochum 2005.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: nach OPPENHEIM 1988, Plate 3

Abb. 2: nach OPPENHEIM 1988, Plate 4

Abb. 3: nach SCHWEIZER 2003, 72, ergänzt

Abb. 4: nach SCHWEIZER 2003, 75

Abb. 5: nach ULUBURUN 2005, 680-681

Abb. 6: nach REHREN 2005, 537

Abb. 7: nach SCHWEIZER 2003, 109

Abb. 8: nach REHREN 2005, 535

Abb. 9: nach ULUBURUN 2005, 20

Abb. 10: nach REHREN 2005, 538

Autorin

Dr. Maren Siegmann

Hutgasse 3

79588 Efringen-Kirchen

Deutschland

maren.siegmann@arcor.de

Museum in der „Alten Schule“

Dr. Maren Siegmann

Nikolaus-Däublin-Weg 2

79588 Efringen-Kirchen

Deutschland

museum@efringen-kirchen.de

Culina Historica – Archäologie und Kochbuchforschung

Andreas Klumpp

Summary – Culina Historica – Archaeology and Cookbook Research. *The PhD project presented is intended to give new impulses for research in historical kitchen practices and recipe interpretation. As a basis three medieval manuscripts – the buoch von guoter spise, the Fourme of Curye and the Mesnagier de Paris – are investigated in detail, in regards to kitchen equipment used, ingredients, time indications, measures, weights, intended consistence and appearance of the dishes. Also data derived from archaeology and its related disciplines archaeozoology and archaeobotany are part of the foundation for the practical cooking experiments. These are executed first in a modern kitchen, then in the reconstructed kitchen of a medieval farm-house at the outdoor museum Bad Windsheim and on a specially constructed portable fireplace. Kitchen equipment and ingredients as close as possible to the historic ones will be used where necessary. In contrary to the up to now mainly linguistic analysis and development of cookbooks, this research is executed under observation of the principles of experimental archaeology. Therefore a documentation sheet has been developed to collect written and photographic evidence of the experiments.*

Die historische Kochbuchforschung ist bisher stark linguistisch geprägt. Bis heute stehen vor allem Aspekte der Sprachgeschichte, des Textaufbaus und Untersuchungen zur Vermittlung von Expertenwissen im Mittelalter im Fokus der Forschung. Die theoretische Beschäftigung mit historischen kulinarischen Texten führte allerdings schon früh auch zu dem Versuch, die bearbeiteten Kochrezepte wieder geschmacklich erfahrbar zu machen. Im deutschsprachigen Raum ließ zum Beispiel OTTO (1856, 4) nach dem Zufallsfund einer alten Rezepthandschrift beim Abbruch eines Klosters in Leipzig erste Kochversuche von erfahrenen Hausfrauen durchführen – leider völlig ohne Dokumentation. Häufig hat dies nicht nur zur Veröffentlichung von Quelleneditionen, sondern auch von Kochbüchern mit mo-

deren Interpretationen historischer Gerichte geführt (zum Beispiel: BLACK 1998; EHLERT 2000; v. PESCHKE 2001; REDON, SABBAN, SERVENTI 1993). Leider fehlte hier bisher eine systematische Grundlage zur Dokumentation und Darstellung des Interpretationsablaufes und der auftretenden Probleme und Deutungsmöglichkeiten. Übersetzungsschwierigkeiten, weitestgehendes Fehlen von Maß-, Gewichts- und Zeitangaben sowie oft nur vage oder schwer verständliche Zubereitungsanweisungen in den originalen Schriftquellen lassen häufig einen großen Interpretationsspielraum offen. Auch immer wiederkehrende Beispiele, in denen angemerkt wird, dass eine oder mehrere Zutaten durch beliebige andere ersetzt werden können, tragen hierzu bei. Ein Beispiel dafür wären etwa Alternativen ein

und desselben Gerichtes für Fleisch- und Fischtage sowie für die Fastenzeit. Zudem richten sich historische Kochanweisungen meist an Personen, die schon ein gewisses Grundwissen und Erfahrung in Küchendingen mitbringen, so dass es zum Beispiel weitestgehend nicht als wichtig erschien, Grundrezepte für Teigmassen oder bestimmte Gewürzmischungen, die man fertig gemischt erstehen konnte, zu übermitteln (EHLERT 2000, 20-22; LAURIOUX 1999, 111; V. PESCHKE 2001, 41-45; REDON, SABBAN, SERVENTI 1993, 56-57). Dieser Hintergrund fehlt uns heute daher fast völlig. Vor allem auch was den Umgang mit offenem Feuer und altem Küchengerät angeht, müssen wir uns heute mühsam herarbeiten. Fehlt nun eine eingehende Dokumentation des Interpretationsweges, so sind die durchgeführten Untersuchungen nur schwer nachvollziehbar und daher in ihrem Informationsgehalt nur bedingt brauchbar.

Hier setzt das vorgestellte Dissertationsprojekt „*Culina Historica – Möglichkeiten und Grenzen zur Rekonstruktion einer historischen Geschmackswelt*“, das am Lehrstuhl für Mittelalterliche Geschichte der Otto-Friedrich-Universität Bamberg durchgeführt wird, an. Es soll neue Impulse in der Erforschung historischer Küchenpraxis und bei der Umsetzung mittelalterlicher Kochrezepte geben. Neben der Auswertung der Schriftquellen werden Kochversuche unter möglichst historischen Bedingungen durchgeführt. Um dem schon angesprochenen Problem der Nachvollziehbarkeit entgegen zu steuern, werden die Grundlagen der Experimentellen Archäologie angewandt, um eine lückenlose Dokumentation aller Schritte und Ergebnisse anzustreben. Hierdurch soll die Nachvollziehbarkeit sichergestellt werden und es soll anderen Wissenschaftler/innen ermöglicht werden, die erzielten Resultate theoretisch und praktisch überprüfen zu können.

Drei Handschriften, deren Ursprünge im

14. Jahrhundert liegen, dienen als Grundlage meiner Untersuchung. Sie sind alle als Digitalisate im Internet verfügbar, was die Zugänglichkeit sehr erleichtert. Als deutschsprachiger Vertreter wurde das *buoch von guoter spise* ausgewählt. Aus England wurde das älteste Exemplar der *Fourme of Curye*-Überlieferungskette herangezogen und Frankreich ist mit dem *Mesnagier de Paris* vertreten.

Im zweiten Band des Hausbuchs des Michael de Leone ist das *buoch von guoter spise* enthalten. Es handelt sich um die früheste überlieferte deutschsprachige Kochrezepthandschrift. Michael de Leone war bischöflicher Protonotar in Würzburg und ließ eine umfangreiche Sammelhandschrift mit gemischtem Inhalt in zwei Bänden anfertigen. Neben der Kochrezeptsammlung enthielt dieses Werk geistliche und weltliche Literatur, Gebete, Dokumenten- und Urkundenvorlagen, Gesundheitslehren und vieles mehr. Vom ersten Band des Hausbuches liegen leider nur noch wenige Fragmente vor, doch lässt sich der Inhalt anhand des Verzeichnisses im erhaltenen zweiten Band nahezu vollständig rekonstruieren. Das *buoch von guoter spise* ist in diesem zweiten Band überliefert, der um 1350 entstanden ist. Aus zwei unterschiedlich aufgebauten Teilen bestehend, dürfte es auf zwei ursprünglich getrennte Vorlagen zurückgehen. Es enthält 101 Kochrezepte und 2 Scherzrezepte ohne kulinarischen Wert (München, Cim. 4 (= 2° Cod. ms. 731). EHLERT 1994; BRUNNER 1983; MARTELOTTI 1991).

Der älteste Vertreter der britischen *Fourme of Curye*-Überlieferung ist wahrscheinlich das Manuskript aus der John Rylands Library der Universität Manchester. Paläographisch ist er an das Ende des 14. Jahrhunderts zu datieren, geht aber wohl auf eine ältere Vorlage zurück. Darauf deuten Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede zu den übrigen Vertretern dieser Manuskriptfamilie hin. Der

oder die Kompilatoren haben durch die Nennung der Meisterköche König Richards II. als Urheber die Entstehung des Buches selbst zwischen 1366 und 1399, den Regierungsdaten des besagten Herrschers, angesetzt. Von den ursprünglich 193 Rezepten des Manchester-Manuskripts sind dreieinhalb, die durch die umfangreiche Parallelüberlieferung sehr gut rekonstruiert werden können, durch Seitenverlust verloren gegangen. Zwei Rezepte wurden in einer Hand des 18. Jahrhunderts auf separat eingebundenen Blättern aus anderen Manuskripten der Gruppe nachgetragen. Diese waren ursprünglich nicht in der behandelten Quelle vorhanden. Die Rezeptsammlung enthält somit heute 192 Kochrezepte, von denen zwei nicht zum ursprünglichen Bestand gehören und dreieinhalb verlorengegangene rekonstruierbar sind (Manchester, English MS 7. HIEATT 1985; HIEATT 1988). Zwei Überlieferungsträger des *Mesnagier*

de Paris stammen von verschiedenen Zweigen des Herzogshofes von Burgund, ein weiterer aus dessen direktem Umfeld. Erstere werden in der Bibliothèque Nationale de France aufbewahrt, letzterer in der Bibliothèque Royale de Belgique. Alle drei sind bis auf kleinere Abweichungen und einige sprachliche Aspekte quasi textgleich und enthalten eine Sammlung aus zahlreichen moralischen, weltlichen und geistlichen Texten, einem Gartenhandbuch, einem Jagdbuch und einem umfangreichen Rezeptteil sowie Texten zu weiteren Themen. Zur Bearbeitung wurde das digitalisierte Exemplar fonds français 12477 der BNF verwendet, das knapp vor Ende des 14. Jahrhunderts oder schon in den Anfangsjahren des 15. Jahrhunderts entstanden ist. Ursprünglich von einem älteren wohlhabenden Pariser Bürger mit guten politischen Beziehungen erstellt, sollte der *Mesnagier de Paris* als Ratgeber für seine noch sehr junge Frau

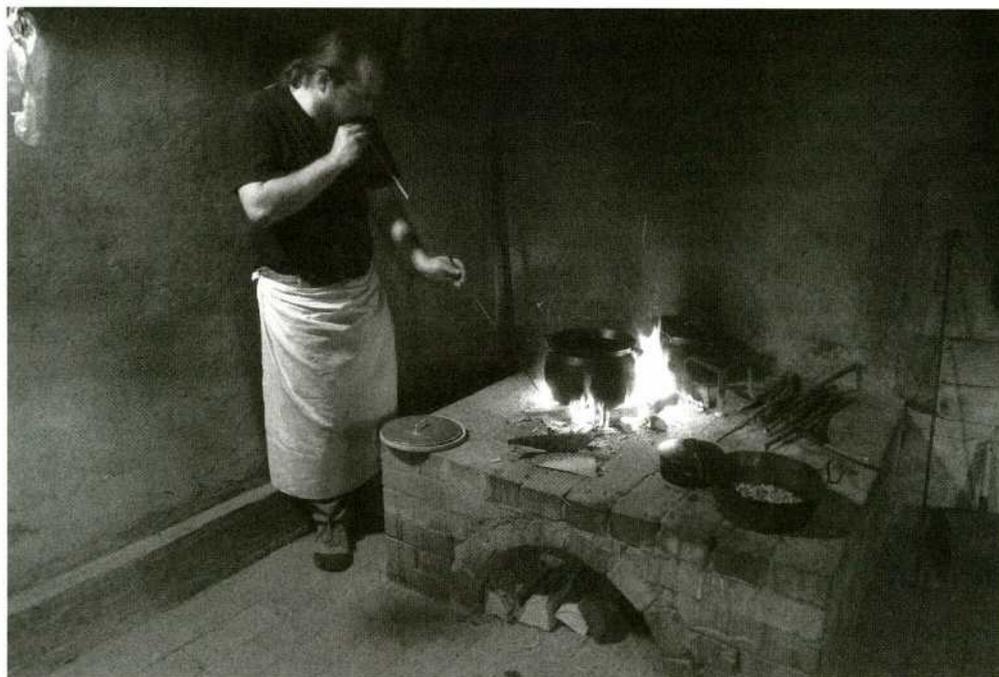


Abb. 1: Kochen in der Küche des Bauernhauses von Höfstetten, 14. Jh., Fränkisches Freilandmuseum Bad Windsheim. – Cooking in the kitchen of the farm-house from Höfstetten, 14th cent., Franconian Open Air Museum Bad Windsheim.

dienen. Die ausgewählten Texte sollten die Adressatin auf das Eheleben vorbereiten und sie zur Führung eines eigenen Haushaltes befähigen. Die moralischen Texte zeigen beispielhaft, wie man sich im 14. Jahrhundert eine wohlherzogene, gesittete und gläubige Hausfrau aus wohlhabenden Verhältnissen vorstellte. Der Rezeptteil geht auf eine Ausgabe des Viandier de Guillaume „Taillevent“ Tirel von der Mitte des 14. Jahrhunderts zurück. Zusätzlich enthält der *Mesnagier* Beispiele für festliche Menüfolgen, Anmerkungen zum Einkauf von Lebensmitteln, Küchentipps und die Kochrezepte. Geschätzt dürfte es sich um etwa 380 Küchentipps und Kochrezepte handeln (Paris, fonds français 12477. BRERETON, FERRIER 1981; PICHON 1846; UELTSCHI 1994).

Insgesamt steht damit also für die Untersuchung ein Korpus von circa 584 ungefähr zeitgleichen Kochrezepten und Küchentipps aus drei Ländern zur Verfügung. Diese werden transkribiert, übersetzt und genauestens auf Nennungen und Hinweise von Gerätschaften, Zutaten, Mengen-, Maß- und Gewichtsangaben, Zeitangaben, Angaben zur Feuerungstechnik und zu Konsistenz und Aussehen des beabsichtigten Ergebnisses untersucht. In Verbindung mit aktuellen Ergebnissen der Bauforschung und Archäologie sowie ihrer Nachbarwissenschaften Archäozoologie und Archäobotanik werden die benötigten Sachgüter und Zutaten identifiziert. Die naturwissenschaftliche Analyse liefert hierbei aber auch Erkenntnisse zur Zubereitung und Verwendung von Zutaten. Die in der Archäozoologie übliche Schlachtpurenanalyse kann zur Identifizierung von Schlachttechniken und Fleischzuschnitten eingesetzt werden (PASDA 2004).

Die gesammelten Daten der Textauswertung und der Untersuchung der Sachkultur dienen zur Konzeption der Kochversuche. Es ist geplant, pro Handschrift fünf bis zehn Rezepte herauszugreifen und



Abb. 2: Kochen in der Küche des Bauernhauses von Höfstetten, 14. Jh., Fränkisches Freilandmuseum Bad Windsheim – Cooking in the kitchen of the farm-house from Höfstetten, 14th cent., Franconian Open Air Museum Bad Windsheim.

unter möglichst historischen Bedingungen in verschiedenen Interpretationsvarianten experimentell umzusetzen. Dabei kommen die Grundlagen der Experimentellen Archäologie zur Anwendung.

Um die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Versuche zu gewährleisten, wurde ein mehrseitiges Versuchsprotokoll entwickelt, in dem alle Details des Ablaufs und der Interpretationsalternativen der Rezepte festgehalten werden. Zudem werden möglichst viele Stufen der Durchführung fotografisch dokumentiert. Die Arbeiten werden zuerst am konventionellen Elektroherd, dann in der rekonstruierten Küche eines Bauernhauses aus dem 14. Jahrhundert im Fränkischen Freilandmuseum Bad Windsheim (Abb. 1-2) und im Freiland auf einer von Bildquellen inspirierten und auf die Anforderungen des Projektes angepassten tragbaren Feuerstelle (Abb. 3) durchgeführt. Aus Kosten- und Zeitgründen werden nur dort, wo dies zum Erzielen einer bestimmten Konsistenz oder eines Kochergebnisses nötig scheint, Repliken mittelalterlicher Küchengeräte eingesetzt. Als Zutaten sollen solche verwendet werden, die den historischen möglichst nahe kommen.



Abb. 3: Herd in Aktion, Eröffnungsveranstaltung des LEA Mayen, Außenstelle des RGZM Mainz, Tag 2, 23.09.2012. – Fire place in use, opening event of LEA Mayen, branch of RGZM Mainz, day 2, 09.23.2012.

Dazu finden parallel Anbauversuche mit Saatgut aus dem Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben/Deutschland (www.ipk-gatersleben.de) statt. Hierunter befinden sich zum Beispiel ältere Möhrensorten, die sich im Geschmack und Aussehen von der heute bevorzugten Supermarktware unterscheiden (KÖRBER-GROHNE 1995). Unter anderem erfolgt aber auch die Aufzucht historischer Blattgemüse-, Kohl-, Rüben-, Rettich-, Bohnen- und Erbsensorten. Auch bei den tierischen Ingredienzien wird versucht, möglichst passende Alternativen ausfindig zu machen. Bei Rezepten mit Schweinefleisch soll zum Beispiel Fleisch spanischer Eichelmastschweine Verwendung finden, die in ihrem Erscheinungsbild und in der Haltung noch sehr nahe an die mittelalterlichen Artgenossen her-

ankommen. Farbe, Geschmack und Konsistenz der Ausgangszutaten können einen direkten Einfluss auf das Endergebnis haben. Daher ist es wichtig, möglichst vertretbare ältere Sorten ausfindig zu machen, die mit dem mittelalterlichen Bestand vergleichbar sind. Zur Nachvollziehbarkeit werden Sorten- und Produktnamen sowie Bezugsquellen möglichst detailliert angegeben.

Zur Ausarbeitung des Versuchsprotokolls und zum Einüben des Dokumentationsablaufs sowie zum Vertiefen der Erfahrungen bei der Arbeit am offenen Feuer, haben die ersten Vorversuche bereits 2011 im Fränkischen Freilandmuseum Bad Windsheim begonnen. Als Beispiel soll hier ein Rezept aus der *Fourme of Curye* wiedergegeben werden.

Original:
5 [fol. 13r-13v]
•v• *Rapes in potage*

Text:

*Take rapes and make hem
clene and walche hem clene
[13v] qua(t)re hem • perboile hem• take
hem vp• caft hem in a gode broth
and seep hem• mynce oynouns and
caft pere to safroun and salt and
melle hit forth with pordor-
douce• in pe same wyfe make
pastronakes and skyrwittes•*

Übersetzung:

5. Kohl-/Steckrüben in Eintopf/Suppe
Nimm Kohl-/Steckrüben und mache sie
sauber und wasche sie sauber.
Viertel sie (Abb. 4). Koche sie vor/gar.
Nimm
sie heraus. Werfe sie in eine gute Brühe
und siede sie. Hacke Zwiebeln und
werfe dazu Safran und Salz (Abb. 5) und
richte es in Schüsseln für 1-4 Personen
an mit *poudre
douce* (Abb. 6). Auf die selbe Weise mache
Pastinaken und Zuckerwurz.

Translation:

5. *Rapes/swedes in hotpot/soup*
*Take rapes/swedes and make them
clean and wash them clean.*
*Cut them in quaters (fig. 4), cook them in
advance. Take
them out. Throw them in a good broth
and seeth/boil them. Mince onions and
throw safron and salt into it (fig. 5) and
serve it with *poudre
douce* (fig. 6). In the same manner make
*parsnips and skirret/crummock**

Projektbegleitend wird ein im Internet
zugängliches „Projekttagbuch“ geführt.
Hier werden aktuell Entwicklungen, Ta-
gungs- und Veranstaltungsankündigun-
gen, Informationen zur Nahrungsfor-



Abb. 4: Dokumentationsbeispiel für die Zubereitung des Gerichts „rapes in potage“: Vorbereitung der Zutaten. – Example for the documentation of the dish “rapes in potage”: preparation of the ingredients.



Abb. 5: Dokumentationsbeispiel für die Zubereitung des Gerichts „rapes in potage“: Hinzufügen der gehackten Zwiebeln in die gekochte Brühe mit Rüben. – Example for the documentation of the dish “rapes in potage”: adding the minced onions to the broth with swedes.

schung, Beispiele für Experimente und weitere Inhalte aus dem Bereich der Archäologie, Experimentellen Archäologie und Literaturforschung mit Anknüpfung an die Nahrungsforschung eingestellt (culina-historica.blogspot.com).

Das Dissertationsprojekt soll hauptsächlich auf neue Wege bei der Untersuchung mittelalterlicher Kochrezepthandschriften und ihrer praktischen Umsetzung auf-

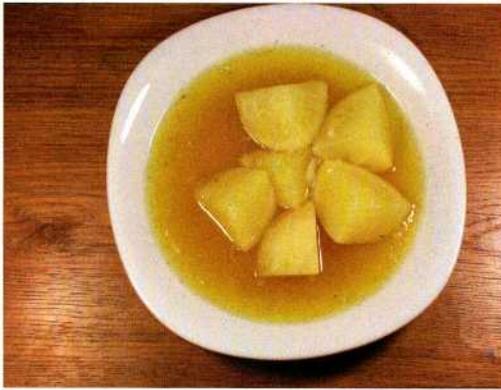


Abb. 6: Dokumentationsbeispiel für die Zubereitung des Gerichts „rapes in potage“: Anrichten des Gerichts. – Example for the documentation of the dish “rapes in potage”: dressing the dish.

merksam machen. Es soll versucht werden zu zeigen, wo Schwierigkeiten und Chancen auf dem Weg zur Rekonstruktion historischer Küchenpraktiken und Speisen liegen und welche Lösungsansätze vorstellbar sind. Die Verwendung von Zutaten, die den historischen möglichst nahe kommen, die Durchführung unter annähernd historischen Bedingungen und vor allem das Dokumentationsverfahren spielen hierbei eine entscheidende Rolle.

Handschriften

Mesnagier de Paris: Bibliothèque National de France Paris, fonds français 12477 online: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b9060818d/f129.image.r=mesnagier.langDE>
 Fourme of Curye: Ryland University Library Manchester, English MS 7 online: <http://enriqueta.man.ac.uk/luna/servlet/view/search?q==%22Fourme%20of%20Curye%22>

Hausbuch des Michael de Leone / Würzburger Liederhandschrift: Universitätsbibliothek München. Cim. 4 (= 2° Cod. ms. 731) online: <http://epub.ub.uni-muenchen.de/10638/>.

Literatur

BLACK, M. 1998: Küchegeheimnisse des Mittelalters. Kulinarische Entdeckungen und Rezepte. Würzburg 1998.

BRERETON, G. E., FERRIER J. E. 1981: Le Menagier de Paris. Oxford 1981.

BRUNNER, H. (Hrsg.) 1983: Das Hausbuch des Michael de Leone (Würzburger Liederhandschrift) der Universitätsbibliothek München (2° Cod. ms. 731). Litterae 100. Göppingen 1983.

EHLERT, T. 1994: Das Buch von guter Speise. Faksimile, Nachschrift von A. Kupfer, Nachwort, Glossar. Mit einem Beitrag von Trude Ehlert: Das buoch von guoter spise. Donauwörth/Frankfurt a. M. 1994.

EHLERT, T. 2000: Das Kochbuch des Mittelalters. Rezepte aus alter Zeit eingeleitet, erläutert und ausprobiert von Trude Ehlert. Düsseldorf 2000.

HIEATT, C. B., BUTLER, S. 1985: Curye on Inglysh. English culinary manuscripts of the fourteenth century (including the Forme of Curye). Early English Text Society: Supplementary series 8. London 1985.

HIEATT, C. B. 1988: Further Notes on the Forme of Curye et al.: Additions and Corrections. Bulletin of the John Rylands Library Manchester 70, Heft 1, 1988, 45-52.

KÖRBER-GROHNE, U. 1995: Nutzpflanzen in Deutschland von der Vorgeschichte bis heute. Stuttgart 1995.

LAURIOUX, B. 1999: Tafelfreuden im Mittelalter. Die Eßkultur der Ritter, Bürger und Bauersleut. Augsburg 1999.

MARTELOTTI, A. (Hrsg.) 1991: Il libro di buone vivande – la cucina tedesca dell'età cortese. Das buoch von guoter spise. Schena 1991.

OTTO, B. 1856: Dreihundertjähriges deutsches Kloster-Kochbuch. 8. Reprintauflage, Leipzig o. J.

PASDA, K. 2004: Tierknochen als Spiegel sozialer Verhältnisse im 8.-15. Jahrhundert in Bayern. Praehistorika. Monographien 1. Erlangen 2004.

V. PESCHKE, H.-P. 2001: Das Kochbuch der Renaissance. Düsseldorf 2001.

PICNON, Baron J. 1846: Le Ménagier de Paris. Traité de morale et d'économie domestique, composé en 1393 par un bourgeois parisien. Paris 1846. (<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k83110x>).

REDON, O., SABBAN, F., SERVENTI, S. 1993: Die Kochkunst des Mittelalters. Ihre Geschichte und 150 Rezepte des 14. und 15. Jahrhunderts, wiederentdeckt für Genießer von heute. Frankfurt a. M. 1993.

UELTSCHI, K. 1994: Le Mesnagier de Paris. Texte éd. par Georgina E. Brereton et Janet E. Ferrier. Trad. et notes par Karin Ueltschi. Le Livre de Poche. 4540. Lettres gothiques. Paris 1994.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-2: Nina Günster im Auftrag von
Andreas Klumpp

Abb. 3-6: Andreas Klumpp

Autor

Andreas Klumpp

Kirchstr. 19

96123 Bamberg

Deutschland

andreas_klumpp@yahoo.de

Die Sprache der Spuren, Anhaftungen und Absorption – zur Rolle der wissenschaftlichen archäologischen Restaurierung für die Lesbarkeit archäologischer Metall-Objekte

Stephan Patscher

Summary – The Language of Traces, Remains and X-ray Documentation – the Role of scientific Archaeological Conservation for the readability of Archaeological Metal-Objects. *All metals, which are smelted from ore, corrode. So do the archaeological objects that are constructed from these metals. During this process, their surface is covered by corrosion products, mixed with earth and sand. Although corroded, this surface is still there (more or less preserved), and with it, the main source of information about an object (shape, decoration, traces). The role of the scientific archaeological conservation is not only the preservation of archaeological artefacts as a witness of human action and thinking, but also, among others, the systematic exploitation of all the information, which give evidence of, how an object was crafted, how it was used, in which context it had belong to and which fate it suffered. Because it is still often impossible, to non-invasively archive this information, these ancient surfaces are exposed. During this process, all sorts of relevant remains on the surface (for example relicts of bygone organics), which are important for the understanding of the object and its context, are preserved and conserved. Supported by material analysis, x-ray investigation, craftman's experience and archaeological expertise, it is often possible, to come to serious interpretations. This remarks focus on the interpretation of x-rays and the cause and physical appearance of manufacturing traces, especially traces of casting and chasing.*

Die Aufgabe der wissenschaftlichen archäologischen Restaurierung besteht nicht allein in der Erhaltung archäologischer Artefakte als Zeugnisse menschlichen Denkens und Handelns. Ein weiteres Ziel ist die systematische Erschließung aller Information, die davon künden, wie ein Objekt hergestellt ist, wie es gebraucht wurde, in welchen Kontext es gehören könnte und welches Schicksal es gegebenenfalls erlitten hat. Dies gilt für Objekte aus allen von Menschen verwendeten Werkstoffen gleichermaßen, auch

wenn sich dieser Aufsatz auf archäologische Metallobjekte konzentriert und, was die Spuren angeht, auf an Metallobjekten zu beobachtende Herstellungsspuren.

Alle Metalle, die durch Verhüttung von Erzen gewonnen werden, wandeln sich wieder in eine mineralische Form zurück, wenn geeignete chemische Reaktionspartner (z. B. Sauerstoff, Chlor, Brom und Schwefel) zur Verfügung stehen und ein Milieu herrscht, in dem Elektronen ausgetauscht werden können, etwa weil Wasser vorhanden ist. Diesen Prozess nennt man

Korrosion und er vollzieht sich unter gleichen Bedingungen umso schneller, je unedler ein Metall ist. Entsprechend sind besonders archäologische Bodenfunde aus Eisen, Buntmetall und bei ungünstigen Bodenbedingungen auch aus Silber bei der Bergung mehr oder weniger stark mineralisiert (KOESLING 2001, 144ff.). Im Zuge des Korrosionsprozesses korrodiert auch die antike Oberfläche der Objekte und wird von einer Kruste aus Korrosionsprodukten gemischt mit Erdreich überzogen. Diese Krusten können insbesondere bei Eisenobjekten von erheblicher Dicke sein.

Obwohl die antike Oberfläche mineralisiert ist, ist sie in der Regel immer noch vorhanden, wenn auch mehr oder weniger gut erhalten. Das ist deshalb bedeutsam, weil die antike Oberfläche oft die wichtigste Informationsquelle über ein Objekt darstellt. Man denke etwa an die präzise Gestalt, Verzierungen und auch jene Spuren, die auf bestimmte Herstellungstechnologien, Weiterbearbeitungen, den Gebrauch oder das Schicksal eines Objektes weisen. Zwar wird eine Freipräparierung der antiken Oberfläche in der Restauratorenschaft mit Blick auf die Irreversibilität der Maßnahme und in Hoffnung auf die Entwicklung weiterer zerstörungsfreier Untersuchungsmethoden immer wieder kritisch hinterfragt. Doch erschließt nach jetzigem Stand der Technik in der Regel erst die Freipräparierung die Informationen, ohne deren Kenntnis seriöse Theorien etwa über den genauen Herstellungsprozess eines Objektes oft nicht möglich wären. Derartige Theorien zu formulieren wird aber heutzutage von der archäologischen Restaurierung erwartet; nicht umsonst gehört zum Beispiel eine handwerkliche Ausbildung zu den Zugangsvoraussetzungen für den Bachelor-Studiengang „Archäologische Restaurierung“, den das Römisch-Germanische Zentralmuseum Mainz gemeinsam mit der Johannes Gutenberg Universität Mainz

anbietet. Eine Überprüfung herstellungstechnischer Theorien im Experiment wäre ohne die Evaluierung entsprechender Spuren am Original erst recht nicht denkbar.

Mit dem Korrosionsprozess geht in der Regel eine materialspezifische Volumenvergrößerung einher – Moleküle benötigen mehr Platz als Einzelatome. Dies gilt besonders für bestimmte Eisenminerale. Da die Eisenkorrosion das von ihr bedeckte metallische Eisen nicht gegen eine weitere Korrosion passiviert, baut sich ausgehend von der Korrosionszone am Metallkern ein permanenter Druck auf, der bereits mineralisierte Partien immer wieder wegsprengen würde, würden sie nicht vom sie umschließenden Erdreich in Position gehalten. Ungeachtet dessen sorgen dieser Druck und andere Faktoren öfters dafür, dass die Objekte reißen. Entnimmt man solche Objekte bei der Ausgrabung einzeln der Erde, so besteht die Gefahr, durch Risse vom Objekt getrennte Partien glatt zu übersehen. Dies kann nicht passieren, wenn man die Objekte im Block zusammen mit dem umgebenden Erdreich birgt (und die sichtbare, mit Korrosionsprodukten überzogene Oberfläche zudem nicht vorher abpinselt). Auch Buntmetallobjekte sollten im Block geborgen werden. In Kupferchlorid umgewandelte Buntmetallobjekte und Objektbereiche sind zum Teil äußerst druckempfindlich und würden durch die mit einer Einzelbergung im Feld einhergehenden mechanischen Beanspruchungen beschädigt oder gar zerstört. In der Restaurierungswerkstatt hingegen lassen sich diese Objekte mit adäquaten Mitteln und ohne Hektik freilegen und konservieren.

Die Freilegung der originalen Oberfläche erfolgt bei archäologischen Eisen- und Buntmetallobjekten in der Regel mechanisch, um den Freilegungsprozess jederzeit unter Kontrolle zu haben. Als Instrumente werden Skalpelle, verschiedene



Abb. 1: Eiserner Fußreif während der Freilegung, Spätmittelalter, F.O. Durbi Takusheyi (Nigeria), Grab IV. – Iron foot ring during the exposing of it's ancient surface (Restaurierung M. Hintemann, RGZM).

Schaber und Nadeln, verschiedene Schleifgeräte und Schleifkörper, Ultraschallfeinmeißel und auch Mikrodruckstrahlgeräte mit verschiedenen Strahlgütern aus unterschiedlichen Materialien eingesetzt; die Bandbreite reicht von Korundstaub bis hin zu Feingranulaten aus Kunstharzen und Walnusschalen. Bei archäologischen Silberobjekten können auch chemische Mittel wie etwa Komplexbildner zur Anwendung gelangen; ihr Einsatz erfolgt allerdings sehr gezielt und kontrolliert. Damit man auf die originale Oberfläche hindeutende Veränderungen in Materialstruktur und Anmutung rechtzeitig bemerkt und um die Präzision der Arbeit zu steigern, wird in der Regel unter dem Mikroskop gearbeitet (Abb. 1).



Abb. 2: Textilreste auf Buntmetallreif, Spätmittelalter, F.O. Durbi Takusheyi (Nigeria), Grab V. – Remains of blended fabric in plain weave on a copper alloy circlet (Restaurierung S. Patscher, Textilanalytik R. Goedecker-Ciolek, beide RGZM).

Die Blockbergung hat einen weiteren Vorteil. Durch die Mitbergung der Objektumgebung bleibt der Kontext zwischen Objekt und dieser Umgebung erhalten. Das ist wichtig, weil sich in der Regel im Streubereich der Korrosionsprodukte (und bei günstigen Bodenbedingungen auch darüber hinaus) Organika mehr oder weniger gut erhalten haben. Sie können entweder direkt zum Objekt gehören (z. B.

Schwertgriffe und Schwertscheiden) oder zur Gewandung oder zu einer Objektumhüllung oder aus anderen Gründen für den Kontext des Metallobjektes bedeutsam sein. Dabei begegnen einem Organika im Wesentlichen in zweierlei Materialzuständen. Es kommt hier auf den



Abb. 3: Eiserne Lanzen Spitze in Lederhülle, 8.-7. Jh. v. Chr., F.O. Budinjak (Kroatien), Tumulus 45, Grab 4. – Iron lance blade in a leather sheath (Restaurierung S. Ritter, RGZM).

Werkstoff des Objektes an. Bei Objekten aus Buntmetall und Kupfer erhalten sie sich aufgrund der bioziden Wirkung der Kupferionen eher als wirklich organische Substanz, wie etwa die Gewebereste auf einem Buntmetallreif aus Grab V der spätmittelalterlichen Elitennekropole in Durbi Takusheyi (Nigeria) (Abb. 2) (PATSCHE 2011, 88ff., Abb. 3). Das ist bei Objekten aus Eisen anders. Hier lagern sich Eisenmoleküle innerhalb der Organik ab und bilden deren Gestalt nach, derweil das eigentliche organische Material vergeht. Derartige Organika werden als Pseudomorphose bezeichnet (zur Erhaltung von Organika bei archäologischen Metallobjekten vgl. allgemein FISCHER 1994). Als was sie sich aber auch erhalten, sie sind in der Regel mechanisch zumindest teilweise empfindlich und bedürfen meistens einer Festigung, etwa durch ein geeignetes, reversibles Kunstharz.

Die organischen Anhaftungen gelten als wichtiger Teil des archäologischen Befundes, der die Aussage des Metallobjektes in wertvoller Weise ergänzt. Bis vor einiger Zeit war z. B. in der archäologischen Forschung nicht allgemein bekannt, dass auch Werkzeugklingen oder Lanzen spitzen zum Schutz vor Rost mit einer

Schutzhülle aus Leder versehen waren (Abb. 3). Manchmal lassen sich aufgrund der Anhaftungen die vergangenen Objekte aus organischem Material ganz oder zumindest in Teilen rekonstruieren. Ein Beispiel hierfür bietet ein in Bramsche-Kalkriese um 9 n. Chr. verlorener Deckel einer römischen Transportkiste(?) aus Holz (MOOSBAUER, WILBERS-ROST 2009, 61, Abb. 12); an den Eisennägeln, mit denen die Einzelteile zusammengefügt waren, und den eisernen Eckbeschlägen hatte sich noch genug Pseudomorphose erhalten, um diese Einzelteile identifizieren und die exakte Konstruktion ermitteln zu können. So waren die Ecken des Deckels etwa gezinkt. Sind die Organika nicht zu stark abgebaut, lässt sich ihr Material öfters noch genau bestimmen; das ist unter günstigen Umständen bei bestimmten Materialien (z. B. Leder) selbst dann möglich, wenn sie als Pseudomorphose vorliegen.

Bei der Restaurierung von Metallobjekten mit organischen Anhaftungen kommt es hin und wieder zu Zielkonflikten, nämlich dann, wenn man auf der originalen Oberfläche eines Objektes einen interessanten Befund vermutet (etwa eine Verzierung, Herstellungsspuren, eine Werkstattmarke

oder ein für die Deutung und archäologische Einordnung wichtiges Gestaltungselement), die besagte Stelle aber von Organika bedeckt ist. Dann gilt es abzuwägen, was an dieser Stelle wichtiger ist, der Erhalt der Organik oder die Freilegung dessen, was sich darunter befinden könnte. Für einen Teil der Restauratoren stellt sich diese Frage so nicht. Sie würde in einer solchen Situation dafür plädieren, die Organik in jedem Fall vor Ort zu belassen. Alle Restauratoren sehen „den Schutz, die Erhaltung und Restaurierung des Kunst- und Kulturgutes“ als ihre Aufgabe an und haben sich verpflichtet, dieses Ziel „im Respekt des ganzen Reichtums seiner Authentizität und unter Wahrung seiner Integrität“ zu verfolgen, wie es in der Präambel der Satzung des Verbandes der Restauratoren (VdR) vom 23.11.2013 heißt. Das kann auch bedeuten, auf mögliche Informationen für den Moment bewusst zu verzichten und auf die Entwicklung zerstörungsfreier Methoden in der Zukunft zu hoffen, mit deren Hilfe sich diese Informationen zugänglich machen lassen. Bevor man die Organik entfernte, würde man ohnehin versuchen, die gewünschten Informationen durch bereits eingeführte zerstörungsfreie Methoden zu ermitteln, etwa mithilfe einer radiologischen Untersuchung des Objekts. Unabhängig davon empfiehlt es sich ohnehin, Blockbergungen und archäologische Objekte bereits vor der Restaurierung zunächst zu röntgen, um genauer zu erfahren, was die Blockbergung enthält, bzw. in welchem Zustand das Objekt oder die Objekte sich befinden.

Röntgenstrahlung zählt wie Licht zu den elektromagnetischen Strahlungen, doch ist sie unter diesen zusammen mit der physikalisch identischen Gamma-Strahlung die energiereichste. Sie hat die Kraft, Moleküle zu ionisieren und ist deshalb gesundheitsgefährlich. Erzeugt wird sie, indem Elektronen durch Hochspannung im Vakuum beschleunigt und mithilfe eines

geeigneten Targets abgebremst werden. Beim Bremsvorgang wird Energie freigesetzt; 99% davon ist Wärme und 1% Röntgenstrahlung. Je höher die Hochspannung in Kilovolt, je energiereicher ist die Röntgenstrahlung und je größer die eingesetzte Strommenge in Milliampere, aus der die besagten Elektronen generiert werden, umso größer ist die Anzahl der Röntgenstrahlen (AGFA-GEVAERT 1990, 9ff.).

Zur Erstellung einer Röntgenaufnahme wird das zu untersuchende Objekt zwischen Strahlenquelle und Röntgenfilm (bzw. Detektor) positioniert und Röntgenstrahlung ausgesetzt. Die Röntgenstrahlung durchdringt das Objekt mehr oder weniger stark und löst auf der Filmoberfläche eine entsprechende photochemische Reaktion aus (bzw. wird detektiert). Auf ihrem Weg durch das Objekt werden aber auch Röntgenstrahlen absorbiert, erreichen also weder Film, noch Detektor. Wie viele Röntgenstrahlen an welcher Stelle absorbiert werden, hängt von drei Faktoren ab. Das sind die Materialstärke, der Korrosionszustand und das Material selbst, also die Elemente, aus denen ein Material oder eine Materialkombination besteht. Bei den Elementen ist die Absorption umso höher, je höher das Atomgewicht ist. Materialkombinationen, unterschiedliche Materialien (etwa in einem Block) und unterschiedliche Erhaltungszustände führen zu unterschiedlichen Absorptionen, die sich in der Röntgenaufnahme als unterschiedliche Graustufen darstellen. Dabei ist die Anmutung umso dunkler, je mehr Röntgenstrahlen den Film oder Detektor erreicht haben. Was man sieht, sind also Absorptionsunterschiede. Sind diese Unterschiede zu gering oder nicht vorhanden, sieht man auch nichts. Dies muss freilich nicht bedeuten, dass da nichts ist; kleinere, stark abgebaute Eisenobjekte in einer Urne mit Leichenbrand würde man z. B. nicht ohne weiteres erkennen.

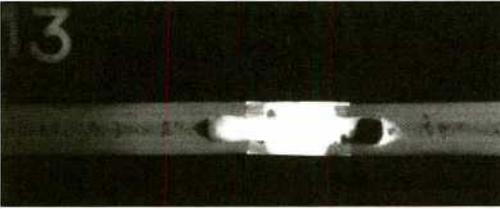


Abb. 4: Reparaturguss am Bein eines römischen Klappdreifusses, Buntmetall, Fundort Krakovany-Stáže (Slowakei). – *Repaired-casted leg of a roman folding tripod (Restaurierung Balneologické Múzeum Piešťany).*

Mithilfe der Radiologie lassen sich oft Informationen zur Herstellungstechnik und dem anschließenden Schicksal von Objekten gewinnen, die man allein aus der Beobachtung der antiken Oberfläche nicht ohne weiteres gewönne, man denke etwa an Gussfehler wie Luftpinschlüsse und Lunker, an antike Reparaturen oder eingreifende Restaurierungsmaßnahmen. Ein gutes Beispiel hierfür bietet ein römischer Buntmetall-Klappdreifuß aus Krakovany-Stráže (Slowakei) im Balneologické Múzeum Piešťany mit der Inventarnummer A 766 (QUAST 2009, 20f., Abb. 31,2). Im Röntgenbild sind nicht nur die Inhomogenitäten des Metallgefüges zu erkennen, wie sie für gegossene Buntmetallobjekte typisch sind. Eines der Beine ist zudem antik im Überfanggussverfahren repariert (Abb. 4). Die für die Reparatur eingesetzte Buntmetalllegierung erscheint im Röntgenbild heller. Sie absorbiert mehr Röntgenstrahlung, weil sie mehr Blei und/oder Zinn enthält, um ihren Schmelzpunkt zu senken. Die Bohrungen, die die Reparaturstelle mit den intakten Teilen des Beins zusätzlich verklammern, verdeutlichen, dass die Schneiden des verwendeten antiken Bohrers in einem viel steileren Winkel zueinander standen, als die Schneiden moderner Bohrer. Am oberen Ende eines jeden Beins befindet sich eine Protome in Gestalt einer Büste des Gottes Merkur. Die Protomen wurden als Vollgüsse erstellt, denn einen Gusskern wür-

de man wahrnehmen. Im Röntgenbild sieht man den Zapfen, auf dem jede Büste sitzt. Man sieht die Zapfen auch deswegen so gut, weil sie hell herausleuchten. Da die Zapfen Teil des Beins sind und aus dem gleichen Material wie die Beine bestehen, kann die hohe Absorption nicht auf das Material der Zapfen zurückgeführt werden. Es muss einen anderen Grund für diese hohe Absorption geben. Offenkundig sind Protomen und Zapfen miteinander verlötet. Bei dem Lot dürfte es sich um ein Weichlot handeln, wahrscheinlich eine Blei-Zinn-Legierung; Zinn gehört zu den höher und Blei zu den hoch absorbierenden Stoffen. Schließlich wären noch jene „Restaurierungsmaßnahmen“ zu erwähnen, die das Ziel hatten, alle Teile des Dreifußes fest miteinander zu verbinden, um ihn quasi „funktionsfähig“ aufstellen zu können. Dabei wurden auch zwei der Büsten abgesägt, Gewinde in die Flächen geschnitten und Büsten und Beine miteinander verschraubt (Vielleicht hatten sie sich während der Bodenlagerung etwas gelockert.). Die Sägefuge erscheint im Röntgenbild als dünner schwarzer Strich, die Schrauben sind dunkler als ihre Buntmetall-Umgebung, noch dunkler sind die Hohlräume, die von den Schrauben nicht ausgefüllt werden.

Voraussetzung für eine belastbare Theorie zur Herstellungstechnik eines Objekts ist eine gewisse Kenntnis der Praktiken und Verfahren, die zur Bearbeitung der unterschiedlichen Materialien eingesetzt wurden und eine Vorstellung darüber, was an Techniken und Abläufen darüber hinaus überhaupt realistischereweise denkbar ist. Nur dann ist es möglich, für eine Technik jeweils charakteristische, oben als „Spuren“ bezeichnete Merkmale am Objekt sinnvoll zu deuten. So zeigen gegossene Objekte etwa oft Gussfehler. Das können Fehlstellen oder Löcher in der Oberfläche sein, die von der Anmutung her von keinem Werkzeug stammen

können. Es können aber auch zusätzliche Details sein, die ganz offenkundig nicht intendiert sind. Da beobachtet man dann, meist in Winkeln und Vertiefungen des Objekts, Metallperlen, unregelmäßig geformte Metallstücke, Grate, Fahnen und andere Phänomene. Wo größere auf kleinere Volumina treffen, kann das Objekt zudem gerissen sein. Die Ursachen für all diese Erscheinungen sind oft unterschiedlich. Die Löcher und Fehlstellen könnten auf Luft zurückzuführen sein, die beim Eingießen der Schmelze in die Gussform mitgerissen wurde und vor dem Erstarren nicht mehr entweichen konnte. Entweichen kann die Luft auch dann nicht, wenn die Form ungeschickt angelegt oder positioniert ist, sie etwa an ihrer im Inneren höchsten Stelle über keine Entlüftung verfügt; hier zeigt dann das Objekt eine Fehlstelle. Eine Fehlstelle kann auch auf Lunkerbildung beim Erstarren der Schmelze zurückzuführen sein. Mit dem Erstarren der Schmelze haben auch jene Risse zwischen unterschiedlich voluminösen Objektteilen zu tun. Erkalten die kleinen Partien eines Objekts deutlich früher als die großen, können Spannungen entstehen und das Objekt kann reißen; entsprechend werden diese Risse als „Spannungsrisse“ bezeichnet (dazu BREPOHL 1994, 152). Jene unintendierten Objektzusätze, wie etwa die Kügelchen, weisen hingegen auf die Anwendung einer bestimmten Gusstechnik, das „Wachsausschmelz-Verfahren“, auch als „Guss mit verlorener Form“ bekannt (zum heutigen Verfahren siehe BREPOHL 1994, 160ff.), hin. Theophilus Presbyter beschreibt das Wachsausschmelzverfahren im Zusammenhang mit der Herstellung eines Weihrauchfasses in Kapitel LXI des Dritten Buchs seiner Abhandlung *Schedula diversarum artium*, die auch unter dem Titel *De diversis artibus* bekannt ist (BREPOHL 1987, 181ff.). Dabei wird ein Modell des Objekts inklusive der für die Zuführung der Schmelze und die Abfüh-



Abb. 5: Gussfahne auf einem Schlosskästchen, Buntmetall, Hochmittelalter, F.O. Haithabu (Deutschland). – Copper alloy lock casket with casting marks disturbing the decoration (Restaurierung Schleswig-Holsteinisches LM Schleswig).



Abb. 6: Parallele Zierlinien bei einem Schlosskästchen, Buntmetall, frühes Hochmittelalter, F.O. Haithabu (Deutschland). – Copper alloy lock casket with parallel decoration lines (Restaurierung Schleswig-Holsteinisches LM Schleswig).

rung der Luft notwendigen Kanäle aus Wachs gefertigt und in Ton eingebettet. Ist der Ton getrocknet, wird das Wachs ausgeschmolzen und die Keramik gebrannt.



Abb. 7: Spannungsrisse in der Krone der Statuette eines thronenden Königs, Kupfer vergoldet, 4. Viertel 12. Jh., F.O. unbekannt. – Stress cracks in the crown of the gilded copper statue of a sitting enthroned king (Restaurierung S. Patscher, RGZM).

Auf diese Weise gewinnt man die Gussform. Bettet man nun das Wachsmodell schichtweise ein und benutzt für die erste Schicht sinnvollerweise sehr feinen, flüssigen Ton, dann fangen sich an komplexer gestalteten Partien des Modells Luftbläschen, die beim Guss mit ausgegossen werden und erhalten bleiben, wenn sie beim Versäubern des Gussstücks nicht entfernt werden. Gleiches gilt für andere an das Modell angrenzende Hohlräume in der Einbettung. Es gilt auch für alle Störungen und Risse in der Oberfläche der Innenwand der Form, wie sie etwa beim Trocknen der Form entstehen können. Diese manifestieren sich dann in Gestalt von Graten und Fahnen auf dem Gussstück. Auf das Gussstück übertragen werden aber auch nicht oder nicht vollständig versäuberte Arbeitsspuren, die bei der Anfertigung des Wachsmodells entstanden sind. Das kann zur Verwirrung

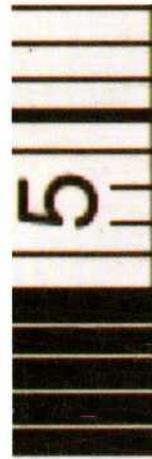


Abb. 8: Metallkugelchen am Thron der Statuette. – Metal pearls on the throne of the statue as trace of casting (Restaurierung S. Patscher, RGZM).

bei der Deutung der Herstellungstechnik führen, doch zeigen diese Spuren in der Regel flauere Konturen als direkt im

Metall hinterlassene Werkzeugspuren. Herstellungsspuren und weitere Beobachtungen helfen auch bei der Beantwortung der Frage, wie detailliert bereits das Wachsmodell eines Objekts gestaltet war. Bei einem in Haithabu aufgefundenen Schlosskästchen aus Buntmetall werden z. B. die eingetieften Zierlinien durch Metallfahnen gestört (Abb. 5) (SCHIETZEL 2014, 440). Die nebeneinander positionierten Linien verlaufen zudem parallel zueinander, inklusive aller Abweichungen von der Geraden (Abb. 6). Sie können deshalb nicht einzeln graviert, sondern eigentlich nur mit einem kammartigen Gegenstand in das Wachsmodell eingeritzt worden sein. Ein ähnliches Bild bietet die

aufwändig gestaltete Statuette eines thronenden Königs aus der Zeit der Stauer, die sich in Privatbesitz befindet. Bei dem Figürchen handelt es sich um einen vergoldeten Kupferguss. Man sieht zwei kleine Spannungsrisse in der zierlichen Krone, ein Metallkügelchen in der Prachtborte des Herrschermantels, weitere in den Profilen des Throns und Verdrückungen an den Konturen der Borte, die aussehen, als seien sie in einem weichen Material erfolgt (Abb. 7-8). Für erfahrene Metallhandwerker war es offenkundig einfacher und zeitsparender, bereits die Wachsmodelle ihrer Objekte weitgehend fertig auszugestalten.

Ist man im Zweifel, ob ein Metallobjekt



Abb. 9: Treibspuren in den Rippen der Cuppa eines byzantinischen Kelchs, Silber z. T. vergoldet, Frühmittelalter, F.O. unbekannt. – Chasing traces on a Byzantine silver goblet (Restaurierung Badisches LM Karlsruhe).

aus Einzelteilen mit Hilfe eines Lotes montiert wurde oder gegossen, kann auch das Fehlen von Gussfehlern ein Hinweis sein. So zeigt ein Paar goldener, jeweils aus einem Ring und feinen Kügelchen zusammengesetzter Ohrhänge, die in Grab VII von Durbi Takusheyi (Nigeria) aufgefunden wurden, eine angeschmolzen aussehende Oberfläche. Da andererseits keine eindeutigen Hinweise auf einen Guss zu entdecken waren, werden die Ohrhänge wohl eher montiert worden sein, denn eine solche Oberflächenanmutung zeigen auch mit Reaktionslot montierte Goldgegenstände, wenn die Oberfläche nicht nachgearbeitet wird (PATSCHER 2011, 94, Abb. 17). Ansonsten würde man bei Objekten, von denen man glaubt, sie seien montiert, nach Hinweisen auf Fugen suchen. Verdächtig wären mehrere Poren im Metall, die, wenn man sie miteinander verbände, eine Linie bilden würden. Gleiches gilt für Poren und Spalten an Stellen, wo klar zu unterscheidende, gestalterische Einzelelemente des Objekts aufeinander treffen. Auch Farbabweichungen in Gestalt einer feinen Linie können auf eine Fuge weisen, denn das Lot muss ja früher flüssig werden als das Grundmetall und deshalb eine andere Legierungszusammensetzung aufweisen oder aus einem anderen Metall bestehen.

Treib- und Ziselierspuren findet man meistens auf Rück- und Innenseiten von Objekten, weil die Schauseite nach der Arbeit natürlich geglättet wurde. Dies gilt etwa für den frühmittelalterlichen, silbernen byzantinischen Kelch im Badischen Landesmuseum Karlsruhe mit der Inventarnummer 93/1056 (Abb. 9) (FOURLAS, im Druck). Die Spuren stammen von den Hämmern und Punzen, mit deren Hilfe Objekte kalt geformt und verformt wurden. Dabei hinterlassen die Werkzeuge nicht nur einzelne Abdrücke, sondern die Punzen werden ja auch bewegt, um Flächen oder Linien einzutiefen. Treiben und Ziselieren ist ein Prozess, denn seine ge-



Abb. 10: Treibspuren auf der Rückseite eines byzantinischen Gürtel-Beschlages, Silber, 9. Jh., F.O. Kettöshatar (Ungarn). – Chasing traces on the backside of a Byzantine, fire gilded belt fitting (Restaurierung Morá Ferenc Múzeum Szeged).



Abb. 11: Meißelschnittspuren am byzantinischen Gürtel-Beschlag. – Traces of a chisel used for cutting the belt fitting (Restaurierung Morá Ferenc Múzeum Szeged).

wünschte Gestalt erreicht das Objekt nicht in einem Arbeitsgang, zumal das Metall immer wieder zwischengeglüht werden muss, um duktil (verformbar) zu bleiben und nicht zu verspröden. Man bearbeitet das Objekt oft sowohl von der Vorder-, wie von der Rück- oder Innenseite aus und dies gleich mehrmals (siehe

dazu BREPOHL 1994, 268ff.). Dabei kann es schon passieren, dass bereits geformte Kanten und Ecken wieder in Flächen hineingeschlagen werden, wie dies auf der Rückseite eines feuervergoldeten, silbernen Gürtelbeschlages mit dem Brustbild eines byzantinischen Kaisers aus dem 9. Jahrhundert nach Christus beobachtet werden kann, der in Kettöshatar (Ungarn) ausgegraben wurde (Abb. 10) (DAIM u. A. 2011). Die regelmäßig sich wiederholenden Macken an Teilen der die Aussparungen umgebenden Blechkanten zeigen zudem, dass die Aussparungen mit einem scharfen Meißel aus dem Beschlag herausgeschnitten wurden. Gleiches gilt für die Zacken in der Kante des parallel mit der Randzarge verlaufenden Silberblechs (Abb. 11).

Je mehr Techniken eingesetzt wurden, um ein Objekt zu formen, umso schwieriger wird tendenziell die Identifikation dieser Techniken und der Abfolge ihrer Anwendung, weil die nachfolgende Behandlung die Spuren der vorhergehenden ganz oder teilweise beseitigt. Das zeigen auch die aus der Islamischen Welt importierten Gefäße aus Grab VII in Durbi Takusheyi (Nigeria). Die Buntmetallsitula ist wohl vorgegossen (keine Fuge zwischen den Henkelattaschen und dem Gefäßrand) und getrieben (dünne Wandung, leicht asymmetrischer Körper). Ihre Oberfläche wurde anschließend drehend mit einer Art Ziehklinge mehr schabend als schneidend geglättet, wie Versuche durch Stephanie Felten und Rüdiger Lehnert, RGZM, ergaben, die auf diese Weise ganz ähnliche Drehriefen erzeugten. Abschließend wurde das Objekt poliert, ohne die Drehriefen vorher zu schlichten (NORDMANN 2011, 14ff.). Die große Schale aus Grab VII ist wahrscheinlich auf ähnliche Weise entstanden, auch wenn die Arbeiten sehr viel sorgfältiger ausgeführt wurden (GRONENBORN 2011, 70f., Abbildung). Eben darum lässt sich dies hier aber nicht beweisen. Die konzentrischen,

symmetrischen, weich geformten Riefen auf der Außenseite der hochglanzpolierten Schale ließen zunächst sogar den Verdacht aufkommen, die Schale könnte gedrückt worden sein (PATSCHER 2011, 94), obwohl dies angesichts ihrer sich zur Öffnung verjüngenden Wandung in jener Zeit schon aus technischen Gründen wohl gar nicht möglich gewesen wäre (freundliche Auskunft von Herrn Michael Zülch auf der EXAR-Tagung in Mayen 2013).

Literatur

AGFA-GEVAERT (Hrsg.) 1990: Industrielle Radiografie. Begleitbuch der Firma Agfa-Gevaert NDT. Ohne Erscheinungsort 1990.

BREPOHL, E. 1987: Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst. Wien, Köln, Graz 1987.

BREPOHL, E. 1994: Theorie und Praxis des Goldschmieds. Leipzig, Köln 1994.

DAIM, F., u. A. 2011: Kaiser, Vögel, Rankenwerk. Byzantinischer Gürteldekors des 8. Jahrhunderts und ein Neufund aus Südungarn. In: F. Daim, J. Drauschke, Byzanz – Das Römerreich im Mittelalter. Teil 3, Peripherie und Nachbarschaft. Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums 84,3. Mainz 2011, 277-322.

FISCHER, A. 1994: Reste von organischen Materialien an Bodenfunden aus Metall – Identifizierung und Erhaltung für die archäologische Forschung. Diplomabschlussarbeit an der Staatlichen Akademie der bildenden Künste Stuttgart 1994, unpubliziert.

FOURLAS, B., im Druck: Ein Komplex frühbyzantinischer Silberobjekte aus einer Kirche des heiligen Konstantin. In: Spätantike und Byzanz. Bestandskatalog Badisches Landesmuseum I. Byzanz zwischen Orient und Okzident. Mainz, im Druck.

GRONENBORN, D. (Hrsg.) 2011: Gold, Sklaven und Elfenbein. Mittelalterliche

Reiche im Norden Nigerias – Gold, Slaves and Ivory. Medieval Empires in Northern Nigeria. Begleitbuch zur Ausstellung im Römisch-Germanischen Zentralmuseum 2011/2012. Mainz 2011.

KOESLING, V. 2001: Vom Feuerstein zum Bakelit. Historische Werkstoffe verstehen. Schriftenreihe zur Restaurierung und Grabungstechnik 5/6. Stuttgart 2001.

MOOSBAUER, G., WILBERS-ROST, S. 2009: Kalkriese und die Varusschlacht. Multidisziplinäre Forschungen zu einem militärischen Konflikt. In: Varusschlacht im Osnabrücker Land GmbH – Museum und Park Kalkriese (Hrsg.), 2000 Jahre Varusschlacht. Konflikt. Begleitpublikation zur Ausstellung „2000 Jahre Varusschlacht“. Imperium, Konflikt, Mythos“ 2009 in Haltern am See, Kalkriese und Detmold. Stuttgart 2009, 56-67.

NORDMANN, M. 2011: Die Restaurierung eines beigabengefüllten Messingimers aus Durbi Takusheyi/Nigeria. Bachelorabschlussarbeit am Studiengang „Archäologische Restaurierung“ des Römisch-Germanischen Zentralmuseums und der Johannes Gutenberg Universität Mainz 2011, unpubliziert.

PATSCHER, S. 2011: Zur Restaurierung der Funde. In: D. Gronenborn (Hrsg.), Gold, Sklaven und Elfenbein. Mittelalterliche Reiche im Norden Nigerias – Gold, Slaves and Ivory. Medieval Empires in Northern Nigeria. Begleitbuch zur Ausstellung im Römisch-Germanischen Zentralmuseum 2011/2012. Mainz 2011, 88-97.

QUAST, D. 2009: „Wanderer zwischen den Welten“. Die germanischen Prunkgräber von Stráža und Zakrzów. Begleitbuch zur Ausstellung im Römisch-Germanischen Zentralmuseum 2009/2010. Mainz 2009.

SCHIETZEL, K. 2014: Spurensuche Haithabu – Archäologische Spurensuche in der frühmittelalterlichen Ansiedlung Haithabu. Dokumentation und Chronik 1963-2013. Neumünster, Hamburg 2014.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Foto V. Iserhardt, RGZM

Abb. 2: Foto R. Müller, RGZM

Abb. 3: Foto S. Ritter, RGZM

Abb. 4: X-Ray S. Patscher, RGZM

Abb. 5-11: Foto R. Müller, RGZM

Autor

Stephan Patscher M.A.

Römisch-Germanisches Zentralmuseum

– Forschungsinstitut für Archäologie

Ernst-Ludwig-Platz 2

55116 Mainz

Deutschland

Experimentelle Archäologie & Science 2.0: Die Perspektive des Labors für Experimentelle Archäologie (LEA)

Michael Herdick

Summary – Experimental Archaeology & Science 2.0: Perspectives for the Laboratory for Experimental Archaeology (LEA). *The annual EXAR-Meeting 2014, which took place in Mayen during the 2nd year of operation of the Laboratory for Experimental Archaeology (LEA), gives reason for a report about the practical transfer of its concept to research and mediation. Within the next few years, the scientific focus will lie on the kiln technology of Mayen's pottery production. In cooperation with the Fachschule für Keramikgestaltung und -technik, first experiments involving a reconstructed pottery kiln were started in 2014. Seminars and workshops were also held with students of archaeology and restoration from Mainz, Cologne, Tübingen, Heidelberg and Basel. Furthermore, archaeotechnical mediation formats were tested with regional students. In addition, the laboratory's start-up phase also presents the opportunity for analysing special features of research culture in experimental archaeology against the background of current socio- and economic-political developments. Models are presented which aim at flexibly integrating external co-operation partners with a professional emphasis outside of science into research. Additionally, the example of research museums is used to show that the immediate connection of research and mediation, e. g. within the scope of Citizen Science formats, has become more and more a general demand on science. The open research culture of experimental archaeology can hence be considered as a trademark and has great future potential.*

Die Jahrestagung der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie fand 2014 in Mayen statt (Abb. 1), dem Standort des Labors für Experimentelle Archäologie (LEA) (Abb. 2). Das ist ein deutliches Zeichen dafür, dass ein zentrales Ziel der Planer, das LEA als ein Forum der Forschung zu etablieren, im 2. Betriebsjahr beginnt Gestalt anzunehmen. Der Entscheidung zur Gründung des LEA ging eine eingehende Betrachtung der Wissenschaftslandschaft im Be-

reich der Experimentellen Archäologie voraus und eine kritische Analyse der Forschungsinfrastruktur des Römisch-Germanischen Zentralmuseums (RGZM) (HERDICK 2010). Im Fokus der Überlegungen stand die Frage, inwieweit mit einer Institutionalisierung der Experimentellen Archäologie am RGZM die technikkar-chäologischen Kompetenzen sinnvoll gestärkt würden und von hier aus auch aktivierende Impulse in die Forschungslandschaft ausgesendet werden könnten. Der



Abb. 1: Die Teilnehmer der Jahrestagung der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie e. V. 2014 vor dem Mayener Rathaus. – Participants of the 2014 annual meeting of the Europäische Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie e. V. in front of the town hall in Mayen.

Zauber, der jedem Anfang innewohnt, animiert dazu, nicht nur über praktische Aktivitäten des Labors zu informieren, sondern auch wissenschafts- und gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen zu reflektieren. Dabei ist es für abschließende Bewertungen noch zu früh. Basis der Überlegungen sind vielmehr Eindrücke in einer Phase, in der die Interaktion mit internen und externen Partnern auf beiden Seiten noch nicht von Gewöhnung und Routine geprägt sind.

Kern der technikarchäologischen Infrastruktur am Sitz des RGZM in Mainz sind die großen Restaurierungswerkstätten, in denen u. a. etwa die Ausrüstung des Ötzi untersucht wurde (EGG, SPINDLER 2009). Eine Schiffs- und Modellbauwerkstatt be-

findet sich im Museum für Antike Schifffahrt, nahe des römischen Theaters. In enger Kooperation mit der Universität Mainz wird die archäometrische Forschung betrieben, mit der wesentliche Grundlagen für technikarchäologische Studien bereitgestellt werden. Die Universität ist auch Partner bei der Durchführung des dualen Studiengangs „Archäologische Restaurierung“. In der Expositur im chinesischen Xi'an werden in Zusammenarbeit mit chinesischen Partnern weitere Restaurierungswerkstätten betrieben. Dass das Labor für Experimentelle Archäologie in Mayen errichtet wurde, ergab sich aus der Einrichtung des Vulkanparks (SCHAAFF 2006), den das RGZM gemeinsam mit dem Landkreis Mayen-Koblenz



Abb. 2: Das Labor für Experimentelle Archäologie (LEA). Auf der dem Betrachter abgewandten Seite befindet sich das Seminargebäude. – The Laboratory for Experimental Archaeology (LEA). The seminar building is in the background.

betreibt. Die vom Forschungsbereich Vulkanologie, Archäologie und Technikgeschichte (VAT) untersuchten archäologischen und erdgeschichtlichen Geländedenkmäler werden darüber kulturtouristisch vermarktet. Experimentalarchäologische Untersuchungen zum Steinabbau und zur Mühlentechnik haben hier eine lange Tradition (SCHAAFF 2011; MANGARTZ 2010). Es bestand deshalb ein großes Interesse, das Forschungsfeld „Experimentelle Archäologie“ und die Vermittlungsarbeit im Vulkanpark durch die Errichtung des Labors zu stärken. Darüber hinaus gehört auch zum Gründungsauftrag des Labors, Beiträge zur Etablierung der experimentellen Archäologie im Rahmen der universitären Lehre zu leisten. Bislang fanden Veranstaltungen mit Archäologie- und Restaurierungsstudenten aus Mainz, Köln, Tübingen, Heidelberg und Basel statt (Abb. 3). Ebenso wurden Workshops

mit Schülern aus der Region durchgeführt.

Wenige Wochen vor dem Beginn der EXAR-Tagung 2014 wurde die Rekonstruktion eines Mayener Töpferofens der 2. Hälfte des 5. Jahrhunderts fertiggestellt (Abb. 4). Ein erster Versuchsbrand konnte inzwischen erfolgreich realisiert werden. Der Ofenbau bildet den Auftakt zu einem Langzeitprojekt, mit dem drei Ofentypen aus der spätantiken, hoch- und spätmittelalterlichen Betriebsphase des Mayener Töpfereireviere (GRUNWALD 2012a; GRUNWALD 2012b) im Hinblick auf ihre technologische Leistungsfähigkeit umfassend experimentalarchäologisch evaluiert werden sollen. Die gewonnenen Daten sollen eine transparente Grundlage für die technikgeschichtliche Einordnung der Mayener Keramikindustrie liefern und Modellrechnungen zu Ressourcenbedarf und Produktionszahlen ermöglichen. Die For-



Abb. 3: Im Labor finden auch Lehr- und Weiterbildungsveranstaltungen für Archäologen und Restauratoren statt: Schmiedeworkshop im Rahmen des dualen Studienganges „Archäologische Restaurierung“, den das RGZM mit der Universität Mainz durchführt. – The laboratory also hosts seminars and further education events: Blacksmithing workshop within the scope of the degree “Archaeological Restoration” which is co-organised by the RGZM and the University of Mainz.

schungsleitfragen hinter diesen und anderen Experimenten im Labor zielen auf die Entwicklung des technischen Erfahrungswissen und seines Einsatzes bei der Umweltanpassung und Aneignung des Menschen ab (HERDICK 2015).

Am Beginn jedes Experimentaldesigns im Labor steht die umfassende Analyse der archäologischen Überlieferung. Durch die Einbindung des LEA in die Forschungsinfrastruktur des RGZM und seiner Kooperationspartner können technikhistorisch relevante Informationen in komfortabler Weise insbesondere auch unter Rückgriff auf archäometrische und restaurierungstechnische Methoden ermittelt und archiviert werden. Die entwickelten Hypothe-

sen und Vorstellungen sollen durch Experimente und Modelle auf ihre Plausibilität hin evaluiert und später auch vermittelt werden.

Neben der Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen sind die Forschungsarbeit und Lehrtätigkeit insbesondere durch die Mitarbeit von Handwerkern und technischen Spezialisten gekennzeichnet, die ihren beruflichen Schwerpunkt außerhalb des Wissenschaftsbetriebes haben, etwa als Ausbilder im Handwerk oder Living History-Darsteller. Voraussetzung für ihre Integration sind möglichst passgenaue Angebote, die es ermöglichen, die meist selbständigen Akteure in die Forschungsarbeit zu inte-

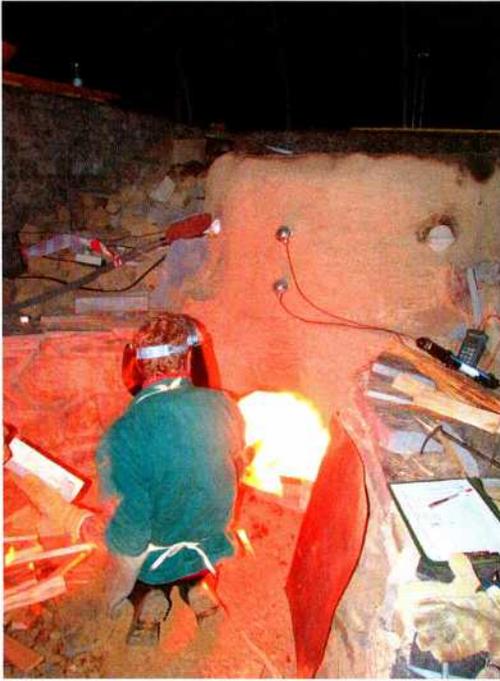


Abb. 4: Erster Versuchsbrand eines rekonstruierten Mayener Töpferofens der 2. Hälfte des 5. Jhs. in Kooperation mit der Fachschule für Keramikgestaltung und -technik in Höhr-Grenzhausen. – First experimental firing of a reconstructed pottery kiln from Mayen dating from the 2nd half of the 5th century in cooperation with the Fachschule für Keramikgestaltung und -technik in Höhr-Grenzhausen.

grieren. Als zentrale Herausforderung erweist sich dabei immer wieder der Umstand, dass Angehörige dieser Gruppe sich nicht für längere Dauer ausschließlich in der Forschung engagieren können. Personalisierte Lösungskonzepte sehen z. B. wie folgt aus:

Eine selbständige Hafnerin, die Aufträge für verschiedene Töpfereien ausführt, historische Keramikrepliken herstellt und Auftritte bei Museumsfesten absolviert, erhält klar definierte Aufträge mit flexibler Zeiteinteilung im Rahmen von Forschungsprojekten. Entscheidend ist dabei die Einbindung in den gesamten Verlauf des Forschungsprojekts von der Entwick-

lung des Experimentaldesigns bis zur Auswertung der Versuchsreihen.

Für eine studierte Archäologin und Musikerin einer Band, die sich auf die Aufführung alter Musik spezialisiert hat, wird ein Teilzeitstipendium geschaffen, das ihr eine Dissertation über römische und byzantinische Orgeln ermöglicht (RÜHLING 2013).

Sind die gefragten Techniker an einer Institution etabliert, können sich zusätzliche Möglichkeiten, aber auch Anforderungen für die Zusammenarbeit ergeben. Der Brennmeister einer Fachschule für Keramiktechnik hat etwa verschiedene Entwicklungshilfeprojekte im Töpfereibereich in Afrika und Asien durchgeführt. Wenn er das in diesem Zusammenhang erworbene ethnoarchäologische Know how bei archäologischen Forschungsprojekten einbringen soll, muss die Schule damit mindestens einen greifbaren Marketingerfolg erzielen. Noch weiterführender wäre es, wenn bei zukünftigen Projekten von Anfang an die Rekonstruktion alter Techniken mit dem Gedanken ihrer Modifikation und erneuten Inwertsetzung verknüpft würde. Dazu könnte konkret die Entwicklung einer hochwertigen Produktpalette für den Kulturtourismus zählen, die vom rekonstruierten Töpferofen zu Vorführungszwecken bis hin zur Herstellung von historischen Gefäßrepliken oder künstlerisch weiterentwickelten Formen nach historischen Vorbildern reicht.

Vergleichsweise einfach lässt sich die Zusammenarbeit mit Firmen organisieren, die etwa wie Unternehmen der Stein- und Tonindustrie beim Forschungsprojekt zur Mayener Ofentechnologie engagiert waren. Im Rahmen klassischer Sponsorenverhältnisse unterstützen sie Projekte durch umfangreiche Materialspenden und technische Expertise.

Die exemplarisch skizzierten Strukturmerkmale experimentalarchäologischer Projekte sind prinzipiell nichts Ungewöhnliches. Der traditionellen akademi-

schen Forschungskultur sind sie jedoch eher fremd; insbesondere deshalb, weil sie von allen Beteiligten ein außerordentlich hohes Maß an Flexibilität verlangen. Die erforderliche Flexibilität kann dabei durchaus auch in Konflikt mit dem Bedürfnis nach dauerhaft stabilen Rahmenbedingungen für die Abwicklung des Forschungsprogramms geraten. Für die Prozessroutine externer Praktiker, die in langjähriger Berufstätigkeit erworben wurde, gibt es jedoch keinen Ersatz. Eine handwerkliche Ausbildung vor dem Studium kann den Einstieg in die Experimentelle Archäologie enorm erleichtern. Ohne Weiterentwicklung und beständige Erprobung verliert sie jedoch an Wert. Während es jedoch allgemein akzeptiert sein dürfte, dass niemand nach drei bis vier Jahren Musikunterricht und gelegentlichem Spiel an Festtagen Orchesterreife hat, ist die Wahrnehmung im Bereich des Handwerks eher eine andere.

Das große Interesse an der Durchführung archäologischer Experimente und der Erstellung von Rekonstruktionen kann nicht darüber hinwegtäuschen, dass Laien wie auch die Mehrzahl der Archäologen Bedeutung und Entwicklungsfähigkeit des technischen Erfahrungswissens, das dabei zur Anwendung kommt, kaum angemessen beurteilen können. Folgerichtig wird ihr Fehlen auch nicht als Verlust empfunden. So stellte Christoph Keller in einer Publikation aus dem Jahr 2000 mit Blick auf die Rekonstruktionen karolingerzeitlicher Töpferöfen nüchtern fest: „Es ist (...) darauf hinzuweisen, daß alle Rekonstruktionen von Archäologen vorgenommen worden sind. Kenntnisse über Brennprozesse oder Ofen- und Feuerungstechnik sind nicht in diese Vorschläge eingeflossen.“ (KELLER 2000, 64).

Wenn derartige Rekonstruktionen nun unter Hinzuziehung von Praktikern auf ihre technologische Plausibilität hin untersucht werden sollen, wird das gar nicht so selten von Wissenschaftlern, die bislang die

publizistische Lufthoheit über das Thema beanspruchten, als Bedrohung der akademischen Reputation betrachtet. Bemerkenswerterweise reicht schon die Möglichkeit einer praktischen Evaluierung archäologischer Hypothesen, Theorien und Rekonstruktionen aus, um Abwehrreflexe zu wecken. Von dieser Erfahrung blieben auch die Akteure des LEA nicht verschont. Eine regelhaft wiederkehrende Angriffsstrategie zielt etwa darauf ab, Bedeutung und Historizität des technischen Erfahrungswissens in Frage zu stellen.

Es würde die Distanz zum eigenen Tun und die Offenheit für Wissen und Können anderer sehr fördern, wenn sich Geistes- wie Naturwissenschaftler eingestehen könnten, dass wir zwar vieles beschreiben und analysieren können, aber längst nicht in der Lage sind, all das auch praktisch zu beherrschen. Folgerichtig lässt sich für diese Bereiche dann auch keine Deutungshoheit beanspruchen.

Die Experimentelle Archäologie hat seit ihrer Renaissance im deutschsprachigen Raum im Bewusstsein der Besonderheiten ihrer Arbeitskultur um ihre Wissenschaftlichkeit und akademische Anerkennung gerungen. Dabei wurden in der Vergangenheit – nach meinem Eindruck – besondere Rahmenbedingungen wie die unmittelbare Nähe von Forschung und Vermittlung eher als potentielle Problemquelle gesehen. Dem steht heute ein pragmatischeres Selbstverständnis gegenüber (SCHÖBEL 2013; MEYLAN 2013). Beispielsweise verdanken wir grundlegende Forschungsergebnisse zum prähistorischen Hausbau Rekonstruktionen für Freilichtmuseen. Ohne die Kopplung an einen Vermittlungsauftrag wären die entsprechenden Vorhaben kaum zu realisieren gewesen. Daher erscheint es längst überfällig zu prüfen, inwieweit Offenheit und Flexibilität sowie die Anwendungsorientierung der Experimentalarchäologie nicht viel stärker als Markenkern einer modernen Forschungskultur

herausgestellt werden sollten.

Zunächst einmal bietet sich ein Blick aus der Distanz, aus der Perspektive eines Soziologen auf die etablierten akademischen Forschungseinrichtungen im aktuellen gesellschaftspolitischen Kontext an. Arno Bammé, der langjährige Leiter des Instituts für Technik- und Wissenschaftsforschung der Universität Klagenfurt veröffentlichte 2004 ein Buch mit dem Titel „Science Wars. Von der akademischen zur postakademischen Wissenschaft“ (BAMMÉ 2004). Bammé prophezeite darin nicht das Ende der akademisch-universitären Wissenschaft, sondern er thematisierte deren gravierenden Ansehensverlust, der sich u. a. in Fälschungs- und Plagiatsaffären oder der Gattung der Campusromane, die die Universitäten ins Lächerliche ziehen und nicht selten von Angehörigen der selbigen geschrieben wurden, zeigt.

Der Streit um Ansehen und Daseinsberechtigung tobt dabei schon längst innerhalb der akademischen Welt, etwa zwischen Natur- und Geisteswissenschaftlern. International bekanntes Beispiel ist die sogenannte Sokal-Affäre, ein zentrales Kapitel in der Geschichte der Science Wars. Der Physiker Alan Sokal veröffentlichte 1996 im Fachorgan „Social Text“ einen Aufsatz (SOKAL 1996), in dem er unter Anwendung postmoderner Rhetorik die Quantengravitation als linguistisches und soziales Konstrukt erklärte. Wenig später entlarvte Sokal seinen Beitrag als eine von absichtlichen Fehlern strotzende Parodie, mit der er die Missachtung wissenschaftlicher Standards in den Sozial- und Geisteswissenschaften anprangern wollte (BAMMÉ 2004, 126-127). 1997 veröffentlichte er dann gemeinsam mit Jean Bricmont das Buch „Impostures Intellectuelles“ (SOKAL, BRICMONT 1999) mit weiteren Belegen und offenbarte u. a. ein bemerkenswertes politisches Motiv. Sokal, ein bekennender Linker, sah die postmodernen Strömungen in den Wissenschaf-

ten als Gefährdungen für die Befähigung zur Gesellschaftskritik an (SOKAL, BRICMONT 1999, 321). Anders ausgedrückt hätte man auch formulieren können, dass die gesellschaftliche Relevanz in einem destruktiven Theoretisierungswahn unterzugehen drohe. Die Frage nach gesellschaftlicher Relevanz ist aber eine zentrale Herausforderung, der sich insbesondere die Geisteswissenschaften kontinuierlich ausgesetzt sehen.

Neben dem gesellschaftlichen Vertrauensverlust wird die Autorität des akademischen Komplexes noch dadurch weiter unterhöhlt, dass in immer stärkerem Maße Forschungsergebnisse außerhalb akademisch-universitärer Einrichtungen produziert werden. Diese Entwicklung ist nicht neu, aber sie hat sich in den letzten Jahrzehnten erheblich verstärkt.

Archäologen, Kunsthistoriker, Restauratoren und Archäometriker wie auch Ingenieure, Techniker und historisch arbeitende Handwerker, deren Forschungs- und Arbeitsgrundlage die materiellen Geschichtsquellen sind, fühlen sich von der Entwicklung postmoderner Philosophien und Ideologien in der Regel nicht getroffen. Zu abseitig erscheint das Bestreben nach sozialer und gesellschaftlicher Dekonstruktion sozialer und gesellschaftlicher Phänomene innerhalb der postmodernen Philosophie. Dabei wird jedoch übersehen, dass ein ausufernder Relativismus und Konstruktivismus mittel- und langfristig auch die Legitimation für die Beschäftigung mit der materiellen Kultur unterhöhlt. Grundlage technikhistorischer Studien ist ein Geschichtsbild, das archäologische Objekte als Träger von Informationen über die Materialkompetenz von Sozialverbänden wertet. Die Eigenschaften von Materialien, die Fähigkeiten und Bereitschaft zu ihrer Gewinnung und Verarbeitung gelten dabei als geschichtsmächtige Faktoren, die gleichberechtigt neben Sozial-, Wirtschafts- und Umweltfaktoren zu betrachten sind.

Zumindest für die langfristige strategische Entwicklung der Zusammenarbeit zwischen material- und schriftquellenorientierten Kulturwissenschaften sowie den dazu notwendigen naturwissenschaftlichen Partnerdisziplinen sind Grundkenntnisse der postmodernen Diskurse unverzichtbar, denen u. a. unverzichtbare Impulse für die wissenschaftliche Selbstreflexion zu verdanken sind. Weit mehr noch verdienen aber Positionen Beachtung, die unter Oberbegriffen wie „Material Culture Studies“ (GEISMAR ET AL. 2014; HICKS 2010; HAHN 2005) oder „Neuer Realismus“ (FERRARIS 2014; BOGHOSSIAN 2013) Grundlagen für eine materielle Rückbindung der Kulturwissenschaften und speziell der archäologisch-historischen Fächer bieten.

Zwischenfazit: Die Wissenschaftslandschaft im deutschsprachigen Raum ist also in Bewegung und auch massiv unter Druck geraten. Umfassende wissenschaftspolitische Initiativen zielen darauf ab, die bestehenden Strukturen geänderten gesellschaftlichen Rahmenbedingungen anzupassen. Strategische Neuausrichtungen in der gesamtstaatlichen Wissenschaftspolitik machen sich in Deutschland, wo Wissenschaft und Bildung traditionell Ländersache sind, am unmittelbarsten bei jenen Forschungseinrichtungen bemerkbar, die wegen der Erfüllung von Aufgaben von – so genannter – gesamtstaatlicher Bedeutung auch eine besondere Bundesförderung erhalten. Exemplarisch dafür stehen die acht Forschungsmuseen der Leibniz-Gemeinschaft, zu denen etwa neben dem RGZM auch das Deutsche Bergbaumuseum in Bochum, das Deutsche Schifffahrtsmuseum in Bremerhaven, das Senckenbergmuseum in Frankfurt/Main, das Naturkundemuseum in Berlin oder das Germanische Nationalmuseum in Nürnberg gehören. Das Bund-Länder-Eckpunktepapier zu den Forschungsmuseen der Leibniz-Gemeinschaft definiert diese als „origi-

näre Orte von Wissenschaft und Forschung“ (GEMEINSAME WISSENSCHAFTSKONFERENZ 2012, 2). Weiter werden die Forschungsmuseen als „herausragende Orte der Bildung, der Wissenschaftskommunikation und des Wissenstransfers“ (GEMEINSAME WISSENSCHAFTSKONFERENZ 2012, 2) beschrieben. Ihnen wird die Macht zugesprochen, „das Bildungsinteresse der Gesellschaft“ (GEMEINSAME WISSENSCHAFTSKONFERENZ 2012, 2) zu beeinflussen. Deshalb wird als ein strategisches Ziel definiert, die Forschungsmuseen „in ihrer Funktion als Brücke von der Forschung zur Bildung“ (GEMEINSAME WISSENSCHAFTSKONFERENZ 2012, 11-16) weiterzuentwickeln. Als vorrangige Kooperationspartner werden im Eckpunktepapier Hochschulen und andere Forschungseinrichtungen benannt. Von einer exakten Definition letzterer wird abgesehen, woraus sich ableiten ließe, dass deren Bestimmung in der Eigenverantwortung der Leibniz-Partner liegt.

Die Bereitschaft für neue Formen der Zusammenarbeit in der Forschung wird durch die staatliche Initiative für eine Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland noch deutlicher (BONN ET AL. 2014). Die Begriffe „Citizen Science“ oder „Public Science“ stehen in einer Jahrzehnte alten Tradition der Wissenschaftskommunikation, die darauf abzielt, Barrieren zwischen Wissenschaft und Gesellschaft zu überwinden. Die erfolgreichsten Projekte dieser Art in der Praxis basieren in der Regel darauf, dass möglichst viele Akteure wissenschaftlich relevante Daten zusammentragen, die mit dem regulär verfügbaren Fachpersonal nicht gesammelt werden könnten. Das Zusammentragen zoologischer Feldbeobachtungen ist ein gutes Beispiel dafür. Im Grunde genommen wird hier jedoch ein Etikettenschwindel betrieben, denn an der wissenschaftlichen Entwicklung der Projekte und der Auswertung der Daten haben die „außerakademischen“ Datensammler in der Re-

gel keinen Anteil. Die Experimentelle Archäologie wäre hier geradezu prädestiniert für „Best Practice“-Beispiele, die ein anderes Niveau der Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlichen Akteuren innerhalb und außerhalb akademischer Einrichtungen demonstrieren. Hinter den Begriffen „Citizen Science“ und „Public Science“ verbergen sich bislang weder juristisch noch politisch verbindliche Definitionen. Aktuell gibt es vielmehr eine vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft geförderte Initiative, die darauf abzielt, wissenschaftlich relevante und effiziente Anwendungsformate zu ermitteln (WISSENSCHAFT IM DIALOG GMBH, MUSEUM FÜR NATURKUNDE BERLIN 2015). Grundsätzlich ist der Begriff „Bürgerwissenschaftler“ nicht gleichzusetzen mit wissenschaftlichem Laien, denn erstere können grundsätzlich auch institutionsfremde Spezialisten sein, die bereit sind, ihr Know how außerhalb klassischer Beschäftigungsverhältnisse einzubringen. Zu den besonderen Leistungen, die von den Forschungsmuseen verlangt und für die Experimentelle Archäologie von Relevanz sind, gehört die Bereitstellung und Erschließung von Forschungssammlungen für die wissenschaftlich interessierte Öffentlichkeit, die nicht nur die Forschungstätigkeit dokumentieren, sondern vor allem auch Ausgangspunkt wissenschaftlicher Studien sein sollen. Unter Sammlungen versteht man dabei weit mehr als nur Konglomerate von Objekten oder deren Kopien, sondern dazu gleichberechtigt auch die bei ihrer Erforschung gewonnenen Datensammlungen. Und unbestreitbar fehlen für die Entwicklung der Technik- und Experimentalarchäologie allgemein zugängliche Referenzsammlungen technischer Merkmale an archäologischen Objekten und Detaildokumentationen aus archäologischen Experimenten. In Museen, Denkmalämtern und Forschungsinstituten liegen große Mengen

an Daten zu Herstellungsverfahren in analoger und digitaler Form vor, die bei der Untersuchung archäologischer Fundkomplexe erzeugt wurden. Diese könnten auch für die Bearbeitung technischer Fragestellungen anderer archäologischer Objekte von Interesse sein. Außerhalb der besitzenden Institutionen weiß man jedoch von der Existenz der wertvollen Daten schon nichts mehr. Die Durchführung archäologischer Experimente wiederum wird oft dadurch gehemmt, dass jede Arbeitsgruppe wieder von Grund auf einen Erfahrungsschatz aufbauen muss. Es wäre z. B. eine große Hilfe und Arbeitersparnis, wenn man beim Bau der Tenne eines antiken Töpferofens auf die Dokumentation anderer Projekte zurückgreifen könnte. Einen Lösungsansatz würde eine auf Netzwerkbasis organisierte Datenbank bieten, deren Langzeitarchivierung natürlich gesichert sein müsste.

Eine derartige Datenbank, die innerhalb eines überschaubaren Zeithorizontes eine ausreichende Menge forschungsrelevanten Quellenmaterials bereitstellen würde, ließe sich nur in einem Verbund von Forschungseinrichtungen, Museen und wissenschaftlich ambitionierten Arbeitsgruppen realisieren. Der wissenschaftliche Wert einer solchen Datenbank stellt sich natürlich nicht mit ihrer bloßen Einrichtung ein.

Die wissenschaftliche Inwertsetzung erfolgt durch die Nutzung der dort erschlossenen Quellen für materialorientierte kulturwissenschaftliche Studien. Anregungen lassen sich z. B. bei Giovanni MORELLI (1881; 1982), Carlo GINZBURG (2011, 7-57), Achim GRÜNDEL und Helmut ZIEGERT (1983) oder bei Cornelius HOLTORF (2004a; 2004b) finden. Ihre Arbeiten betonen die Bedeutung von Indizien und Spuren für die archäologisch-historische Forschungsarbeit zur Rekonstruktion menschlichen Verhaltens, thematisieren aber auch methodische Probleme.

Es stellt sich abschließend die Frage, welche Auswirkungen die geschilderten gesellschafts- und wissenschaftspolitischen Veränderungen langfristig auf die Entwicklung der Experimentellen Archäologie haben werden. Verallgemeinerungen sind hier nicht möglich, weil die Interessenlagen und Bedürfnisse der beteiligten Institutionen und Personen zu unterschiedlich sind. Unstrittig ist aber, dass eine dynamische, offene und flexible Forschungsstruktur Zukunft haben muss und kein Systemfehler sein kann, weil sie gesellschaftlichen Bedürfnissen nach einer breit angelegten Wissenschaftskommunikation und vielfältigen Partizipationsformen für ein lebenslanges Lernen entgegenkommt. Mit großer Aufmerksamkeit wird zu beobachten sein, wie nachhaltig die Wissenschaftspolitik eine solche Ausrichtung fördern und fördern wird. Inwieweit der etablierte Wissenschaftsbetrieb diese Entwicklung zu fördern oder zu blockieren versucht, wird die Zukunft zeigen.

Literatur

BAMMÉ, A. 2004: Science Wars: von der akademischen zur postakademischen Wissenschaft. Frankfurt am Main, New York 2004.

BOGHOSSIAN, P. 2013: Angst vor der Wahrheit: ein Plädoyer gegen Relativismus und Konstruktivismus. Berlin 2013.

BONN, A., ET AL. 2014: Citizen Science Think Tank. Konzeption einer Citizen Science Strategie 2020 für Deutschland. Bürger schaffen WISSEN – Wissen schafft Bürger (GEWISS) Bericht Nr. 1: Think Tank, Dezember 2014. <http://buergerschaffewissen.de/sites/default/files/assets/dokumente/gewiss_bericht1_think-tank.pdf> (2015-01-19).

EGG, M., SPINDLER, K. 2009: Kleidung und Ausrüstung der kupferzeitlichen Gletschermumie aus den Ötztaler Alpen. Mainz 2009.

FERRARIS, M. 2014: Manifest des neuen Realismus. Frankfurt am Main 2014.

GEISMAR, H., ET AL. 2014: Material Culture Studies. In: S. Samida et al. (Hrsg.), Handbuch Materielle Kultur. Bedeutungen, Konzepte, Disziplinen. Stuttgart, Weimar 2014, 309-315.

GEMEINSAME WISSENSCHAFTSKONFERENZ 2012: Bund-Länder-Eckpunktepapier zu den Forschungsmuseen der Leibniz-Gemeinschaft, Juni 2012. <<http://www.bmbf.de/pubRD/Bund-Laender-Eckpunktepapier-Forschungsmuseen-Leibniz.pdf>> (2015-01-19).

GINZBURG, C. 2011: Spurensicherung. Die Wissenschaft auf der Suche nach sich selbst. Berlin 2011.

GRÜNDEL, A., ZIEGERT, H. 1983: Archäologie und Kriminalistik. Ziele und Wege der Erkenntnisgewinnung. Archäologische Informationen 5, 1983, 175-192.

GRUNWALD, L. 2012a: Anmerkungen zur Mayener Keramikproduktion des 9. bis 12. Jahrhunderts. Archäologische Nachweise – wirtschaftsgeschichtliche Aussagen – historische Einbindungen. In: L. Grunwald et al. (Hrsg.) Hochmittelalterliche Keramik am Rhein. Eine Quelle für Produktion und Alltag des 9. bis 12. Jahrhunderts. Mainz 2012, 143-160.

GRUNWALD, L. 2012b: Die römischen und frühmittelalterlichen Töpfereien von Mayen (Lkr. Mayen-Koblenz). Eine zwischenzeitliche Standortbestimmung. In: M. B. Grunewald, S. Wenzel (Hrsg.), Römische Landnutzung in der Eifel. Neue Ausgrabungen und Forschungen. Mainz 2012, 111-129.

HAHN, H. P. 2005: Materielle Kultur: eine Einführung. Berlin 2005.

HERDICK, M. 2010: Das Labor für Experimentelle Archäologie in Mayen (Lkr. Mayen-Koblenz). Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2010, 15-22.

HERDICK, M. 2015: „Natural-Born Cyborgs“? Die Experimentelle Archäologie und das Bild des Menschen. In: Archäologentage Otzenhausen 1. Archäologie in

der Großregion – Beiträge des internationalen Symposiums in der Europäischen Akademie Otzenhausen vom 7.-9. März 2014. Otzenhausen 2015, 291-302.

HICKS, D. 2010: The Material Cultural Turn. Event and Effect. In: D. Hicks, M. C. Beaudry (Hrsg.), The Oxford Handbook of Material Culture Studies. Oxford, New York 2010, 25-79.

HOLTORF, C. 2004a: Archäologie als Spurensicherung. In: K. Ebeling, S. Altekamp (Hrsg.), Die Aktualität des Archäologischen in Wissenschaft, Medien und Künsten. Frankfurt am Main 2004, 306-324.

HOLTORF, C. 2004b: Archäologie als Spurensicherung. Vehikel der Selbsterkenntnis. Forum Archaeologiae 30/III, 2004, 1-6. <<http://homepage.univie.ac.at/elisabeth.trinkl/forum/forum0304/forum30holtorf.pdf>> (2015-01-20).

KELLER, C. 2000: Karolingerzeitliche Töpferöfen am rheinischen Vorgebirge. In: U. Mämpel, W. Endres (Hrsg.), Der Keramische Brand. Beiträge zum 32. Int. Hafner-Symposium 1999. Veröffentlichungen des Arbeitskreises für Keramikforschung 1. Höhr-Grenzhausen 2000, 63-68.

MANGARTZ, F. 2010: Die byzantinische Steinsäge von Ephesos: Rekonstruktion. Mainz 2010.

MEYLAN, K. 2013: From Research to Mediation – A Perspective for Experimental Archaeology. Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2013, 171-181.

MORELLI, G. (Lermolieff, I.) 1881: Perugino oder Raffael. Einige Worte der Abwehr. Zeitschrift für bildende Kunst. Kunstchronik 16, 1881, 243-252.

MORELLI, G. (Lermolieff, I.) 1882: Raphaels Jugendentwicklung. Repertorium für Kunstwissenschaft 5, 1882, 147-178.

RÜHLING, S. 2013: Hörbare Vergangenheit. Nachbauten antiker und mittelalterlicher Orgeln – Ein Beitrag zur Musikarchäologie. Organ – Journal für die Orgel H. 1, 2013, 32-38.

SCHAAFF, H. 2006: Der Vulkanpark Oostefel – Wissenschaft und Tourismus in ei-

nem alten Steinbruch- und Bergwerksrevier. In: A. Belmont, F. Mangartz (Hrsg.), Mühlsteinbrüche: Erforschung, Schutz und Inwertsetzung eines Kulturerbes europäischer Industrie (Antike-21. Jahrhundert). Mainz 2006, 215-224.

SCHAAFF, H. 2011: Ein altes Bergwerk und ein Experiment – zur antiken und mittelalterlichen Technik der Tuffsteingewinnung. Archäologisches Korrespondenzblatt 41, 2011, 531-542.

SCHÖBEL, G. 2013: Experimentelle Archäologie und der Dialog mit dem Besucher – eine methodische Annäherung. Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2013, 160-170.

SOKAL, A. D. 1996: Transgressing the Boundaries: Towards a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity. Social Text 46/47, 1996, 217-252.

SOKAL, A. D., BRICMONT, J. 1999: Eleganter Unsinn: wie die Denker der Postmoderne die Wissenschaften mißbrauchen. München 1999.

WISSENSCHAFT IM DIALOG GMBH; MUSEUM FÜR NATURKUNDE BERLIN 2015: Bürger schaffen wissen. Die Citizen Science Plattform. <<http://buergerschaffenwissen.de/>> (2015-01-19).

Abbildungsnachweis

Abb. 1-3: RGZM/Benjamin Streubel

Abb. 4: RGZM/Erica Hanning

Autor

Michael Herdick

RGZM: Labor für Experimentelle

Archäologie (LEA)

An den Mühlsteinen 7

56727 Mayen

Deutschland

herdick@rgzm.de

Jenseits der akademischen Lehre – Einige Thesen zur Qualitätssicherung in der Performativen Geschichtsdarstellung

Andreas Sturm

Summary – There's more to interpretation than is dreamt of in your studies. Some theses on quality assurance of costumed live interpretation. In Germany, recent studies on living history focused on dissecting the mind of the living historians. Meanwhile, the costumed interpreters themselves discussed means of quality assurance, but mostly failed to think beyond the idea of authenticity. It's time for a new understanding of the art of costumed live interpretation.

Authenticity is probably the most overrated quality issue of the living history movement. While its pursuit is essential to the mind-set of any costumed interpreter, there are no means to quantify it, and a variable that can't be measured is no benchmark at all.

Many graduates launch into live interpretation with little understanding of human learning. Conservation and research of relicts of the past would be served best with restricted-access depositories. If an artefact is placed in a museum, communication with the public must be made the prime objective. Because in the end, it's always the people who pay the scholar's bills.

From a visitor's perspective, learning in the museum is a leisure activity. Therefore, interpretation programs aren't meant to be derivatives of university lectures and research projects. In order to address a wide audience with substantial information, interpreters need to incorporate the latest neurological findings on learning and intrinsic motivation. While fiercely banned from academic thinking, personal bias and emotional involvement are in fact essential for effective learning.

So, the key to good-quality costumed interpretation is not a quest for more authenticity, but a change of attitude on behalf of its creators.

Prolog: Voll ins Schwarze?

Um die Jahrtausendwende auf einem Museumsfest unter Beteiligung vieler living history-Gruppen: Die Museumsleitung kommt auf mich zu und fragt, ob ich die Moderation einer historischen Modenschau von der Antike bis ins hohe Mittelalter übernehmen könnte. Ich hätte zehn Minuten zur Vorbereitung...

Seitdem stelle ich mir immer wieder die

gleiche Frage: Wie werde ich ein guter interpretierender? Wie bringt man mehr als 1500 Jahre Mode- und Textilgeschichte auf den Punkt, so dass ein bunt zusammengewürfeltes Publikum an einem Sonntagnachmittag für 20 Minuten davon gefesselt wird? Es war der Beginn meiner Reise in die geheimnisvolle Welt der costumed live interpretation.

Qualitätsmerkmal Authentizität?

Wer diese Welt betreten will, braucht ein Visum mit dem „großen A“, denn die Grenzkontrollen sind streng! Der Authentizitäts-Diskurs in der living history-Szene ist – freundlich ausgedrückt – geradezu legendär (vgl. ZERKOWSKI 2012). Dabei ist den Akteuren bewusst, dass es keine hundertprozentige Authentizität geben kann. Der Streit entzündet sich deshalb regelmäßig an der Frage, was das rechte Maß an Authentizität sei.

Als Distinktionsmerkmal zur Abgrenzung von fiktionalen Formaten ist die Authentizität im museumspädagogischen Kontext eine unverzichtbare Richtschnur. Authentizität ist aber keine objektiv messbare Größe, sondern ein unerreichbares Ideal. Sie ist daher als Qualitätsmaßstab ungeeignet. Nicht ein bestimmter Grad der Authentizität ist die gemeinsame Klammer für alle living historians, sondern das Streben danach (vgl. GROSCHWITZ 2010, 152-153).

Zudem erklärt sich dem Publikum auch die in höchstem Maße authentisch rekonstruierte Ausrüstung eines römischen Legionärs nicht von selbst. Das Streben nach Authentizität ist also noch keine hinreichende Antwort auf die Frage nach guter Vermittlungsarbeit.

Der durchleuchtete Re-enactor

Die Wissenschaft hat living history als neue und wichtige Form der Geschichtsrezeption erkannt (vgl. McCALMAN, PICKERING 2010, 3) und bemüht sich seit kurzem intensiv, das Phänomen und seine Protagonisten zu verstehen. Doch zwei Dinge fallen bei der Durchsicht der mittlerweile sehr zahlreichen deutschsprachigen Beiträge auf:

- Man redet in erster Linie über living historians, aber selten mit ihnen. Zwischen den Zeilen erscheinen sie als Konkurren-

ten um die Deutungshoheit von Geschichte (LEMCKE 2011, 36-37), die es in die Schranken zu weisen gilt, bevor sie als Partner für die Vermittlungsarbeit im Museum akzeptabel scheinen.

- Living history als Mittel des historischen Lernens wird häufig eher kritisch bis ablehnend beurteilt, ohne dass empirische Daten zur Untermauerung dieser Thesen vorgelegt würden. Untersuchungen aus dem europäischen Ausland mit gegenteiligem Ergebnis werden nicht thematisiert (JACKSON, KIDD 2009; JONES 2012; SVENDSEN 2010).

Ein neuer Lernbegriff

Das Urteil über living history als Lehr- und Lernmethode wird wesentlich vom Verständnis des Begriffes „Lernen“ beeinflusst. Begreift man Lernen im Museum als den der Schule verwandten Vorgang, nämlich den passiven Transfer von Inhalten, festgelegt von allgemein akzeptierten Autoritäten (z. B. Lehrer, Curriculum, Fachwissenschaftler usw.), dann verwundert diese Skepsis kaum.

Tatsächlich beschreibt Lernen aber nur die allgemeine Fähigkeit von Lebewesen, sich aufgrund von Erfahrungen erfolgreich den Anforderungen ihrer Umwelt anzupassen (EDELHANN, WITTMANN 2012, 32; 206). Dieses Wissen um die erfolgreiche Selbstbehauptung kann nicht wie in der Nachrichtentechnik „übertragen“ werden. Lernen ist vielmehr die aktive Konstruktion von neuem Wissen durch den Lernenden selbst.

Dazu habe ich auf der EXAR-Konferenz 2014 ein kleines Experiment durchgeführt: Das Auditorium wurde gebeten, die erste Ableitung der in *Abb. 1* gegebenen Funktion zu bilden. Die notwendigen Ableitungsregeln werden in der gymnasialen Oberstufe vermittelt und sind abiturrelevant. Trotzdem konnte niemand aus dem akademisch gebildeten Publikum die Lö-

$$f(a) = a^3\sqrt{2t} + \frac{t}{a^2}$$

$$f'(a) = ?$$

Abb. 1: Lernen wie im Klassenzimmer. Bilden Sie die erste Ableitung zur gegebenen Funktion! (Lösung am Ende des Artikels). – Classroom-style learning: find the 1st derivative of the given function. (Solution at the paper's end).

sung nennen. Stattdessen fragte man mich gleich in der ersten Wortmeldung, wozu man als Archäologie das denn können müsse. Das zeigt deutlich: Menschen lernen und behalten langfristig, was ihnen persönlich wichtig und nützlich erscheint, nicht was ihnen von anderen vorgegeben wird! Sie lernen, wenn sie es wollen bzw. wenn ihnen ihre bisherigen Wissenskonstrukte nicht mehr dienlich erscheinen (SIEBERT 1999, 22). Die Steuerfaktoren dieses Vorgangs sind, wie wir noch sehen werden, nur schwer von außen zu beeinflussen (ROTH 2006, 55). Dem Wissensvermittler fällt daher die Aufgabe zu, die richtigen Rahmenbedingungen für erfolgreiches Lernen im Museum zu schaffen. Dafür ist ein Verständnis der neurobiologischen Grundlagen unabdingbar. Denn jeder Vermittler sieht sich mit drei großen Hindernissen konfrontiert:

Faktor Zeit

Wissen verfestigt sich erst allmählich mittels Wiederholung (EDELMAHN 2000, 282). Neues Wissen baut dabei auf vorhandenem Wissen auf (EDELMAHN, WITTMANN 2012, 124). Der Besucherkontakt im Museum ist immer nur kurz und häufig auch nur einmalig. Nachhaltiges Lernen kann unter diesen Bedingungen eigentlich kaum stattfinden. Museumspädagogen können Lernprozesse lediglich anstoßen, welche die Besucher im

Idealfall nach dem Ende der Veranstaltung weiterführen. Dazu muss ihre Neugier geweckt werden!

Umwelt in homöopathischer Dosis

Pro Sekunde nehmen unsere Sinnesorgane die enorme Menge von 11 Millionen Bit Informationen aus der Umwelt auf. Interne Filtervorgänge sorgen aber dafür, dass nur ein winziger Bruchteil dieser vom Gehirn verarbeiteten Informationen in unser Bewusstsein vordringt (ZIMMERMANN 1993, 182; vgl. Abb. 2).

Das Gehirn ist eigentlich Autist

Obwohl es unserer Alltagserfahrung widerspricht, erleben wir die Welt keineswegs so, wie sie in „Wirklichkeit“ ist. Denn alle Informationen der Außenwelt wie die Beschaffenheit von Oberflächen, unterschiedliche Wellenlängen des Lichts oder Luftdruckschwankungen werden zunächst mittels biochemischer Prozesse in die Sprache des Gehirns umgewandelt und dann aufgrund vorangegangener Erfahrungen und aktueller Ziele bewertet: „Wir sehen, was wir wissen, was wir mental verknüpfen können, was wir sehen wollen und was wir sehen müssen, um erfolgreich handeln zu können“ (SIEBERT 2005, 31). Realität ist demnach, was das einzelne Gehirn aus den ihm durch die Sinnesorgane dargebotenen Rohdaten individuell konstruiert.

Die Lösung: Lernen mit Gefühl!

Das abendländische Denken ist zutiefst dualistisch geprägt: Auf der einen Seite stehen Geist, Verstand und Willensfreiheit; auf der anderen Körper, Gefühle und Triebe als „niederes“, tierisches Erbe (ROTH 1999, 178). Ursprung von Affekten, Gefühlen und Motivation ist das limbische System. Doch eben dieses „Tier im Menschen“ spielt bei Lernprozessen eine

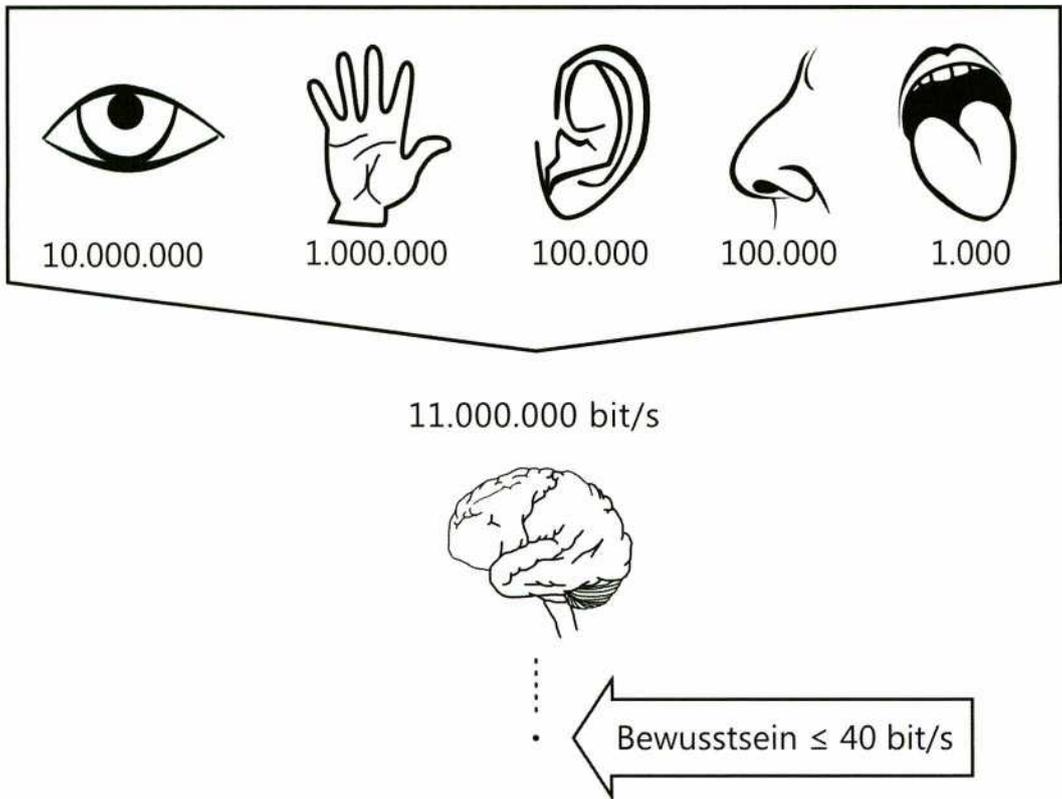


Abb. 2: Durch die Sinnesorgane stürmt jede Minute eine enorme Informationsmenge auf das Gehirn ein. Den Löwenanteil macht dabei die optische Wahrnehmung aus, hinzu kommen Informationen aus dem Körper selbst. – Every minute an enormous amount of information surges the brain, most of it produced by visual perception.

zentrale Rolle (ROTH 2006, 58-60): hier wird die überwältigende Flut der eingehenden sensorischen Informationen mit vorhandenen Gedächtnisinhalten verglichen und mit entsprechenden Bedeutungen versehen. Unsere Emotionen dienen hier als Filter, sie trennen relevante von unwichtigen Reizen und aktivieren in der Vergangenheit bewährte Verhaltensmuster. Kognitive, emotionale und motivationale Prozesse lassen sich daher nicht trennen (EDELMAHN, WITTMANN 2012, 31-34; 109). Gefühle sind nicht die Widersacher unseres Verstandes, sondern ermöglichen uns überhaupt erst die Orientierung in einer komplexen Umwelt (SPITZER 2007, 171).

Aus dieser Rolle des limbischen Systems

als Bewertungsinstanz ergibt es sich, dass diejenigen äußeren Reize vom Gehirn bevorzugt verarbeitet werden, welche emotional besonders stark besetzt sind (emotionally competent stimulus – „emotional bedeutungsvoller Reiz“, kurz ECS; MEDINA 2009, 85). Nur wer den harten Wettbewerb um Aufmerksamkeit gewinnt, dem wenden wir schließlich unsere eng begrenzte Aufmerksamkeit zu (vgl. Abb. 3).

Da es nur selten den Interessen eines Museums dienen dürfte, seine Besucher in Unbehagen zu versetzen und Stresshormone zudem einen ungünstigen Einfluss auf die Konsolidierung von Gedächtnisinhalten ausüben, bleibt als logische Konsequenz nur, dass Lernen im

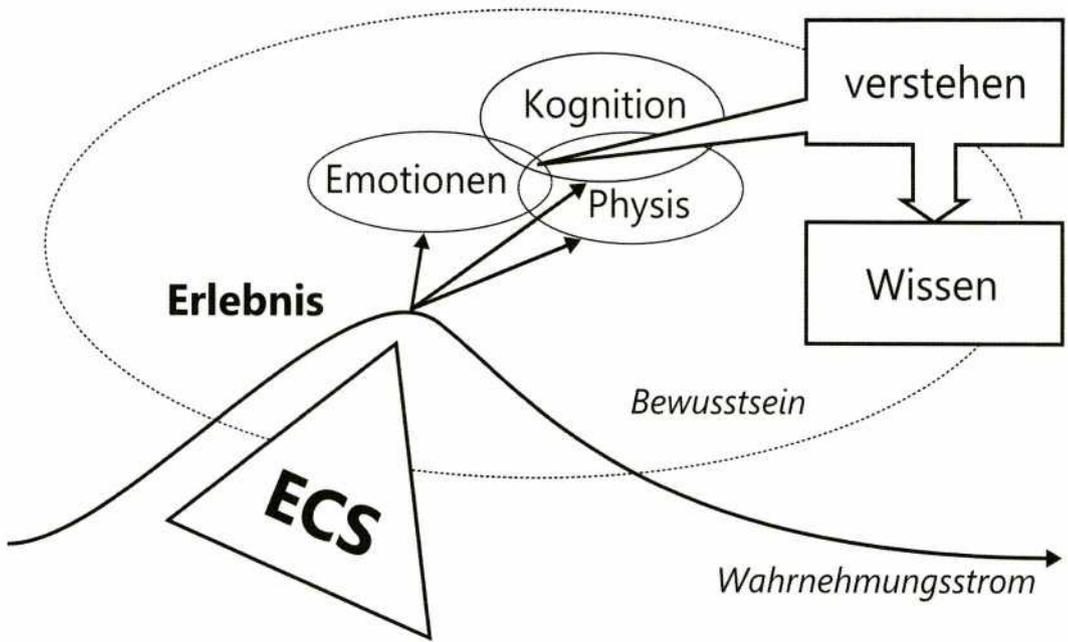


Abb. 3: Ein emotional bedeutungsvoller Reiz (ECS) wie z. B. der Anblick eines attraktiven Menschen ragt aus dem Strom der Wahrnehmungen heraus und wird dadurch zu einem bewussten, emotional gefärbten Erlebnis, das auch mit körperlichen Reaktionen einhergeht (Ausschüttung von Botenstoffen, Änderung der Herz- und Atemfrequenz, Pupillenerweiterung usw.). Das Zusammenwirken von Körper, Geist und Gefühlen bildet die Basis des bewussten Erlebens und Lernens. – An emotionally competent stimulus (ECS), e. g. looking at a potential mate, stands out from the stream of perceptions and thus becomes an experience charged with emotions, accompanied by physical reactions (release of neurotransmitters, change of heart and respiratory rate, pupil dilation etc.). The interaction of body, mind and emotions constitutes the basis of experience and learning.

Museum mit positiven Emotionen arbeiten sollte. Die Debatte um Unterhaltung im Museum Anfang des neuen Jahrtausends war demnach aus Sicht der Neurowissenschaft völlig verfehlt (vgl. NOELKE 2001; BÄUMLER 2004). Nicht ob, sondern wie Unterhaltung im Museum dem Bildungsauftrag am besten dienen kann, ist für den Interpreten relevant: Menschen lernen, wenn sie positive Erfahrungen machen. Und wie der Gehirnforscher Manfred Spitzer (SPITZER 2007, 181) betont, sind Sozialkontakte für Menschen die „positive Erfahrung schlechthin“. Vielleicht ist das der eigentliche Kern des Erfolges von living history.

Die neurowissenschaftlichen Tricks der Performativen Geschichtsdarstellung

Vor einigen Jahren wollte ich mir in einem angesehenen Kunstmuseum mittlerer Größe einmal die Kleidung einer Marienstatue näher ansehen. Während ich mit einem Maßband zu Gange war, plauderte der Chefkurator des Hauses mit mir. Es stellte sich heraus, dass seiner Meinung nach die Besucher des Museums nur bei seiner eigentlichen Arbeit – nämlich der Forschung – stören würden...

Nicht jeder Fachwissenschaftler ist ein geborener Vermittler; wer seine Stärken auf einem anderen Gebiet sieht, der sollte aber der Vermittlungsarbeit auch nicht im

Wege stehen – und sei es nur dadurch, dass er ihr eine untergeordnete Rolle im Museumsbetrieb zuweist. Denn die Gesellschaft zahlt für die Ausbildung und häufig auch für die Arbeit der Wissenschaftler; sie hat deshalb ein Anrecht auf eine Gegenleistung in Form von verständlichen Informationen (vgl. STÄUDNER 2013, 20-21).

Doch auch mit der richtigen Motivation braucht man viele Jahre Erfahrung, um ein guter Museumspädagoge zu werden; noch höhere Hürden hält die Performative Geschichtsdarstellung bereit, die zusätzlich von jedem ihrer Adepten nicht nur die Beherrschung der diversen Darstellungsformate wie third- und first-person interpretation voraussetzt, sondern natürlich auch die passende materielle Ausstattung. Der Einstieg sollte dennoch gelingen, wenn man grundlegende Erkenntnisse der Lernforschung beherzigt, die implizit schon immer der living history innewohnten.

Vom Fachwissenschaftler zum Wissenschaftskommunikator

Jeder Universitätsabsolvent, der in die museale Vermittlungsarbeit einsteigen will, sollte sich bewusst machen, dass er damit einen fundamentalen Rollenwechsel vollzieht. Er ist dann kein Dozent (mehr), der wissenschaftlichen Nachwuchs ausbildet. Er wird stattdessen mit einem höchst heterogenen Publikum in dessen Freizeit (!) konfrontiert, in dem er lediglich Verständnis- und Lernprozesse anregen kann (SIEBERT 2005, 63). Doch obwohl er hier nicht die gewohnten Maßstäbe der universitären Lehre anwenden kann, hat sein Publikum dennoch einen legitimen Anspruch auf zielgruppengerechte Kommunikationsangebote.

Daher gilt es, das alte Gegensatzpaar „wissenschaftlich versus populär“ aufzulösen (vgl. ZEPPEZAUER-WACHAUER 2012, 83-86). Es verträgt sich nicht mit dem Selbst-

verständnis des Interpreters, da sich in dieser Dichotomie eine Geringschätzung des nicht-akademischen Publikums manifestiert. Dabei gibt es aus neurologischer Sicht nur eine Art zu Denken und zu Lernen, die Wissenschaftler und Laien vereint. Seit dem Zeitalter der Aufklärung bemühen wir uns, Affekte und Verstand zu trennen und in den Wissenschaften einen ausschließlich vernunftbasierten Diskurs zu führen, was damals zweifelsohne einen bedeutenden Schritt nach vorne darstellte. Und eben dieser Meilenstein der Wissenschaftsgeschichte erlaubt uns heute zu erkennen, dass die menschliche Kognition von Natur aus immer emotional geprägt ist.

Authentizität schafft Glaubwürdigkeit

Bei jeder Begegnung schätzen wir die Glaubwürdigkeit unseres Gegenübers ein, das gilt auch für Lernsituationen. Ob wir einen Lehrer als motiviert und kompetent erleben, hat unmittelbaren Einfluss auf den Lernerfolg (ROTH 2006, 60-61). Daher steht und fällt die Performative Geschichtsdarstellung mit der Glaubwürdigkeit der Darsteller und dieses Urteil des Publikums schließt auch das äußere Erscheinungsbild mit ein. So kehrt die Frage der Authentizität durch die Hintertür zurück auf die Bühne: Grobe Fehler wie Turnschuhe zum Steinzeit-Outfit wird selbst ein Laie schnell erkennen und dem Interpret (wenigstens mental) ankreiden; häufig genug aber wird er auch dessen Autorität mit naseweisen Bemerkungen à la „Ach, und Brillen hatten die Römer also auch schon?“ herausfordern. Nicht immer gelingt es dann dem Interpret, die Kontrolle über die Situation zurückzuerlangen.

Eine weitaus größere Gefahr aber stellen historisch falsche, doch für Laien „glaubwürdige“ Anachronismen dar. Sie führen zur Desinformation des Publikums und diskreditieren mittelfristig die Methode als

Ganzes. In beiden Fällen steht der Interpret in der Pflicht, die Qualität der Geschichtsdarstellung zu gewährleisten.

Anker setzen

Neues Wissen baut auf vorhandenem Wissen auf (EDELHANN, WITTMANN 2012, 124). „Neues“ darf daher nicht zu neu sein, sondern muss an vorhandenes Wissen anschließen können. Man muss das Publikum tatsächlich dort abholen, wo es steht. Im Idealfall suchen Lernende selbst nach solchen Ankerplätzen für neues Wissen, doch wenn der Lerngegenstand sehr weit von der normalen Lebenswelt der Besucher entfernt ist (und das ist bei archäologischen und historischen Inhalten häufig der Fall), ist es sinnvoll, wenn der Vermittler schon bei der Programmplanung gezielt solche Anker sucht und einbaut (vgl. SIEBERT 1999, 28). Untersuchungen zum Besucherverhalten zeigen, dass sich Besucher intensiver mit Exponaten auseinandersetzen, die einen lebensweltlichen Bezug aufweisen (SCHÄFER 2003, 87-88).

Geschichten schaffen Sinnzusammenhänge

Die besten Lehrer waren von jeher diejenigen, die unsere Aufmerksamkeit mit Geschichten und Erzählungen zu fesseln verstanden. Denn Geschichten rufen in ihren Zuhörern nicht nur Emotionen wach, sie ordnen auch Einzelheiten und Fakten in einen Zusammenhang ein und verleihen ihnen dadurch einen Sinn (vgl. FLUDERNIK 2010, 10). Das Erzählen von Geschichte(n) in der persönlichen Begegnung zwischen Interpret und Besucher vereint demnach alle wesentlichen Voraussetzungen für nachhaltiges Lernen.

Unser Ziel: Neugier entfachen!

Seit meiner überraschenden ersten Mo-

denschau habe ich viel über das Lernen gelernt. Heute begreife ich Live-Interpretation als eine angewandte Wissenschaft vom Menschen, nicht von archäologischen Artefakten. In ihr vereinen sich Psychologie, Neurowissenschaften und Didaktik. Noch wissen wir allerdings zu wenig darüber, wie sie unter dem Dach der Performativen Geschichtsdarstellung zusammenwirken müssen, um optimale Lernergebnisse zu erzielen, da einschlägige empirische Studien fehlen.

Doch auch ohne solche Untersuchungsergebnisse kann ich heute schon in der konkreten Anwendung erkennen, ob eine Live-Interpretation Erfolg hatte: wenn sich in den Gesichtern meines Publikums abzeichnet, dass alte Gewissheiten ins Wanken geraten und neue Einsichten ermöglichen; wenn neue Ideen zu reifen beginnen – dann ist meine Arbeit getan.

Im Grunde gleicht gute Vermittlungsarbeit im Museum dem Gebrauch von Feuerstein und Zunder: Man schlägt kleine Funken in der Hoffnung, dass sie im Gegenüber verfangen und dort das Feuer der Neugier zu entfachen.

Literatur

BÄUMLER, C. 2004: Bildung und Unterhaltung im Museum. Das museale Selbstbild im Wandel. Medienpädagogik 2. Münster 2004.

EDELHANN, W. 2000: Lernpsychologie. Weinheim 2000.

EDELHANN, W., WITTMANN, S. 2012: Lernpsychologie. Weinheim 2012.

FLUDERNIK, M. 2010: Erzählung aus narratologischer Sicht. In: B. Engler (Hrsg.), Erzählen in den Wissenschaften. Positionen, Probleme, Perspektiven. Kolloquium der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften 2009. Fribourg 2010, 5-22.

GROSCHWITZ, H. 2010: Authentizität, Unterhaltung, Sicherheit: Zum Umgang mit Geschichte in Living History und

Reenactment. Bayerisches Jahrbuch für Volkskunde 2010, 141-155.

JACKSON, A., KIDD, J. 2009: Performance, Learning & Heritage. Report November 2008. URL: <http://www.plh.manchester.ac.uk/documents/Performance,%20Learning%20&%20Heritage%20-%20Report.pdf> [Zugriff: 20.11.2012].

JONES, C. 2012: An Illusion that makes the past seem real: The potential of living history for developing the historical consciousness of young people. Diss. Univ. Leicester 2012. URL: <http://hdl.handle.net/2381/10927> [Zugriff: 13.12.2012].

LEMCKE, A. 2011: Zusammenfassung der Diskussion im Modul Wissenschaft. In: Dachverband archäologischer Studierendenvertretungen e.V. [DASV e.V.] (Hrsg.), Vermittlung von Vergangenheit. Gelebte Geschichte als Dialog von Wissenschaft, Darstellung und Rezeption. Tagung Bonn 2009. Weinstadt 2011, 35-37.

MCCALMAN, I., PICKERING, P. A. (Hrsg.) 2010: Historical Reenactment. From Realism to the Affective Turn. New York 2010.

Medina, J. 2009: Gehirn und Erfolg. 12 Regeln für Schule, Beruf und Alltag. Heidelberg 2009.

NAHRSTEDT, W., U. A. 2002: Lernort Erlebniswelt. Neue Formen informeller Bildung in der Wissensgesellschaft. IFKA-Schriftenreihe 20. Bielefeld 2002.

NOELKE, P. (Hrsg.) 2001: Archäologische Museen und Stätten der römischen Antike – Auf dem Wege vom Schatzhaus zum Erlebnispark und virtuellen Informationszentrum? Schriftenreihe des Museumsdienstes Köln 4. Bonn 2001.

ROTH, G. 1999: Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen. Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft 1275. Frankfurt am Main 1999.

ROTH, G. 2006: Möglichkeiten und Grenzen von Wissensvermittlung und Wisenserwerb. Erklärungsansätze aus Lernpsychologie und Hirnforschung. In: R. Caspary, E. Stern (Hrsg.), Lernen und

Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik. Herder Spektrum 5763. Freiburg im Breisgau, Basel, Wien 2006, 54-69.

SCHÄFER, H. 2003: Anlocken – fesseln – vermitteln. Was Besucherforschung uns lehrt(e): ein Plädoyer für die Grundrechte der Besucher. In: A. Noschka-Roos (Hrsg.), Besucherforschung in Museen. Instrumentarien zur Verbesserung der Ausstellungskommunikation. 100 Jahre Deutsches Museum 4. München 2003, 83-109.

SIEBERT, H. 1999: Pädagogischer Konstruktivismus. Eine Bilanz der Konstruktivismusdiskussion für die Bildungspraxis. Pädagogik – Theorie und Praxis. Neuwied 1999.

SIEBERT, H. 2005: Pädagogischer Konstruktivismus. Lernzentrierte Pädagogik in Schule und Erwachsenenbildung. Weinheim 2005.

SPITZER, M. 2007: Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. München, Heidelberg 2007.

STÄUDNER, F. 2013: Wo stehen wir zwölf Jahre nach dem PUSH-Memorandum? In: D. Kimmel (Hrsg.), Wissen für die Gesellschaft. Wissenstransfer als Schlüsselherausforderung für Forschungsinstitutionen und Forschungsmuseen. Tagung Mainz 2011. Mainz 2013, 18-21.

SVENDSEN, A. R. 2010: Learning through experience. A study of visitors' experiences and learning at Foteviken archaeological open air museum. Journal of (Re)construction and Experiment in Archaeology 7, 51-54. URL: http://journal.exarc.net/files/exarc-eurorea_7_2010-learning_through_experience.pdf [Zugriff: 14.02.2013].

ZEPPEZAUER-WACHAUER, K. 2012: Kurzwil als Entertainment. Das Mittelalterfest als populärkulturelle Mittelalterrezeption. Historisch-ethnografische Betrachtungen zum Event als Spiel. Studien zur Unterhaltungswissenschaft 6. Marburg 2012.

ZERKOWSKI, W. 2012: Vom Fuzzy zum A-Papst. Ein nicht (ganz) ernst zu nehmen-

der Leitfaden durch die deutsche Mittelalterszene. Braunschweig 2012.

ZIMMERMANN, M. 1993: Das Nervensystem – Nachrichtentechnisch gesehen. In: R. F. Schmidt (Hrsg.), Physiologie des Menschen. Berlin 1993, 176-183.

Lösung Abb. 1:

$$f'(a) = 3a^2\sqrt{2t} - 2\frac{t}{a^3}$$

Abbildungsnachweis

Abb. 1-2: A. Sturm

Abb. 3: A. Sturm, angelehnt an NAHRSTEDT
u. A. 2002, 89

Autor

Andreas Sturm

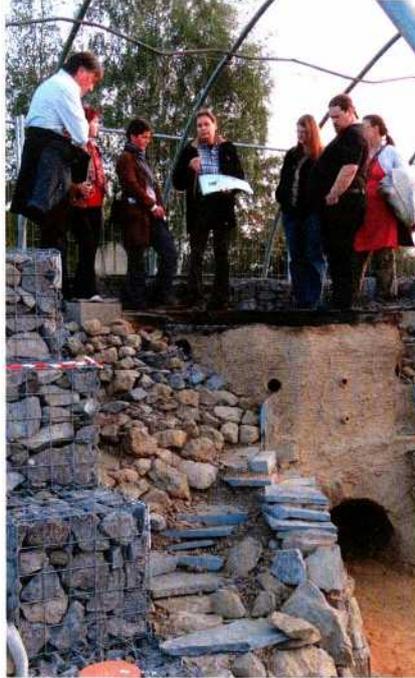
Passstraße 113

52070 Aachen

Deutschland

andreas.sturm@livehistory.de

<http://www.livehistory.de>



Kurzberichte und Jahresbericht

Dechsel am Altenberg: Zu den Wicklungen der Werkzeugnachbauten

Claudia Merthen

Summary – *Testing Neolithic tools for tree felling at Ergersheim Gräffholz, Franconia, North of Bavaria in Germany, this year the tool bindings came to mind because nearly all of them had to be renewed. During this considerable amount of time the tools could not be used. Now we plan to observe the bindings and to document their form and material at the beginning, during and after the working process. At first leather straps were used, but at present, nearly all tools are hafted with rawhide. If it happens that you, the reader, have experiences with Neolithic tools – in particular concerning their reconstruction, handling and changes of the bindings on hafted tools – please feel free to contact us and share your experiences.*

Die „Ergersheimer Experimente“ finden seit 2011 im Gräffholz bei Ergersheim, nahe Bad Windsheim in Mittelfranken, statt (HEIN 2012; WALTER U. A. 2012a; WALTER U. A. 2012b; CURRY 2014; ELBURG U. A. 2015). Bei ihnen wird hauptsächlich die Arbeitsweise mit quergeschäfteten Steinwerkzeugen der Bandkeramik untersucht; parallel haben sich jedoch weitere Fragen ergeben, denen mit der Verwendung nachgebauter Werkzeuge auf den Grund gegangen wird.

Gewickelt und verschnürt

Ein guter Teil der Stein- und Knochengeräte, die in Ergersheim zum Einsatz kommen, ist mit Hilfe von Riemen geschäftet (Abb. 1). Dies basiert wie bei den Werkzeugen und Schäften selbst auf archäologischen Funden sowie auf den am praktikabelsten erscheinenden Wicklungsmöglichkeiten. Die Verbindungsstellen wurden zu Anfang mit nassem Leder umwickelt.

Diese Verschnürungen lockerten sich jedoch verhältnismäßig schnell (HEIN 2012, 53; WALTER U. A. 2012a, 184; WALTER U. A. 2012b, 92). Das Leder war modern, möglicherweise chemisch gegerbt (ELBURG U. A. 2015, 68), dies könnte bei der Haltbarkeit eine Rolle gespielt haben. Daher fand ab dem zweiten Jahr Rohhaut Verwendung (WALTER U. A. 2012b, 92; ELBURG U. A. 2015, 70), und mittlerweile sind die meisten Geräte damit versehen. Beim Einsatz im Wald 2014 lockerten sich jedoch auch diese Wicklungen bei nahezu allen Arbeitsgeräten. Sie mussten daher eingeweicht und festgezogen bzw. ganz neu angelegt und wieder getrocknet werden. Aus diesem Grund waren die entsprechenden Werkzeuge für eine längere Zeit nicht einsatzbereit. Daraus wurde klar, wie wichtig die Haltbarkeit der Wicklungen für die Einsetzbarkeit der Geräte ist.

Wicklungen als Forschungsobjekt

Damit sind die Wicklungen 2014 verstärkt ins Blickfeld gerückt. Wir wollen nun bei den kommenden Einsätzen die Haltbarkeit verschiedener Wicklungen bei verschiedenen Arbeitseinsätzen dokumentieren und protokollieren. Auch das Schnürmaterial selbst soll entsprechend berücksichtigt werden, zumal es hier weitere Alternativen beispielsweise aus Pflanzenfasern gibt. Dabei kann im Rahmen der „Ergersheimer Experimente“ nicht jede erdenkliche Wicklung getestet werden. Die Testreihe wird, neben den archäologischen Nachweisen, durch die erfahrungsgemäß praktikabelsten Varianten vorgegeben und sich darauf aufbauend entwickeln.

Die Abläufe beim Arbeiten im Wald lassen verschiedene Datenerhebungen zu. Dazu gehören der Ausgangszustand der zum Einsatz vorgesehenen „gewickelten“ Werkzeuge, die verrichteten Arbeiten, deren Dauer und die ausführende Person, die Beobachtung von Veränderungen in der Verschnürung, die Dokumentation ihrer Erneuerung nach Material und Form sowie der Zustand am Ende des Einsatzes.

Begleitend wollen wir, neben der Vertiefung der Recherche nach konkreten archäologischen Funden und Befunden sowie nach Beispielen aus der Ethnographie, bereits erstellte Rekonstruktionen neolithischer Werkzeuge mit Wicklungen zusammentragen. Bei letzteren liegt das Augenmerk vor allem auf denjenigen, die für Vorführungen oder für die Arbeit in der Vermittlung Verwendung finden.

Erfahrungsaustausch

An diesen Rekonstruktionen sind die Verschnürungen und vor allem die Arbeitserfahrungen, die mit ihnen gemacht wurden und werden, interessant. Hierzu wollen wir gern mit Ihnen, sehr geehrte Leserin-



Abb. 1: Ergersheim 2014: Wicklungen in Leder und Rohhaut. – Bindings made of leather and rawhide.

nen und Leser, in einen Austausch eintreten. Werkzeuge, Schaffformen, Wicklungsmaterial und -technik, Verwendungsweise und best practice-Beispiele bieten eine solide Grundlage für einen Erfahrungsaustausch. Nach dem derzeitigen Stand der Überlegungen zu den Verschnürungen der Geräte könnten sich Hinweise zur Haltbarkeit der Wicklungen ergeben, vor allem, welche Art und welche Materialien die geeignetsten sind. Möglicherweise wirken diese sich auch auf Leistungsfähigkeit und Effektivität der Werkzeuge aus. Wichtig wären auch Aspekte zur Behandlung bzw. Pflege der Werkzeuge zwischen den Nutzungsphasen. Vielleicht haben Sie ja auch hierzu schon Erfahrungen gemacht. Weitere Fragen an Material und Technik sind ebenfalls willkommen.

Dank

Mein Dank geht an Christine Wenzel, Halstenbek, wir führen zusammen die Beobachtung der Wicklungen durch. Ebenso bedanke ich mich beim Team der

„Ergersheimer Experimente“, denn es trägt diese Untersuchung mit. Marcus Beck, Nürnberg, Andreas Franzkowiak, Halstenbek, und Rengert Elburg, Dresden, gaben Hinweise zum Text. Besonders danken möchte ich, auch im Namen aller Beteiligten, der Gemeinde Ergersheim und dem Archäologischen Verein Ergersheim und Umgebung e. V., ohne die diese Versuche nicht durchgeführt werden könnten.

Abbildungsnachweis
Abb. 1: © Andreas Franzkowiak,
Halstenbek

Autorin
Dr. Claudia Merthen
Germanisches Nationalmuseum
Kartäusergasse 1
90402 Nürnberg
Deutschland

Literatur

CURRY, A. 2014: The Neolithic Toolkit. How Experimental Archaeology is showing that Europe's first Farmers were also its first Carpenters. *Archaeology* November/December 2014, 38-41. <http://www.archaeology.org/issues/152-1411/features/2591-germany-recreating-neolithic-toolkit>, pages 1-5, Video <http://www.archaeology.org/exclusives?slg=recreating-the-neolithic-toolkit> (2.7.2015).

ELBURG, R. U. A. 2015: Field Trials in Neolithic Woodworking – (Re)Learning to Use Early Neolithic Stone Adzes. In: R. Kelm (Hrsg.), *Archaeology and Crafts. Experiences and Experiments on Traditional Skills and Handicrafts in Archaeological Open-Air Museums in Europe. Proceedings of the VI. OpenArch-Conference in Albersdorf, Germany, 23.-27. September 2013.* *Albersdorfer Forschungen zur Archäologie und Umweltgeschichte* 5. Husum 2015.

WALTER, P., U. A. 2012a: Dechseleinsatz in der „Saugrube“ – Experimente zur Fäll- und Holzbearbeitungstechnik in der Bandkeramik. *Das archäologische Jahr in Bayern 2011* (2012), 182-185.

WALTER, P., U. A. 2012b: Ergersheimer Experimente zur bandkeramischen Fäll- und Holzbearbeitungstechnik. *Plattform 19/20, 2010/11* (2012), 89-94.

HEIN, W. 2012: Dechsel am Altenberg. Ein vorläufiger Bericht. *Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2012*, 49-55.

Vereinsbericht der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie (EXAR) für das Jahr 2014

Ulrike Weller

Vorstandsarbeit

Auch in diesem Jahr wurde aufgrund der großen Entfernung der Wohnorte und der beruflichen Belastungen der einzelnen Vorstandsmitglieder die Möglichkeit einer Telefon- und Mailkonferenz im Juli 2014 genutzt, um Details zur Vereinsarbeit zu besprechen. Da im Oktober Wahlen zum Vorstand anstanden und der Schriftführer erklärt hatte, für eine neue Wahlperiode nicht mehr zur Verfügung zu stehen, war dies eines der wichtigen Themen dieser Sitzung. Dazu kamen die Tagungsvorbereitung und die Fertigstellung und der Versand der Vereinszeitschrift sowie die weitere Pflege der Website und unseres Facebook-Auftritts. Zudem fand eine Vorstandssitzung am 2. Oktober 2014 am Rande der 12. Internationalen Jahrestagung der EXAR in Mayen (Deutschland) statt, wobei der Ablauf der Tagung und vor allem der Wahlen besprochen wurde. Die Jahrestagung 2014 sollte laut Mitgliederbeschluss in Kooperation mit dem Labor für Experimentelle Archäologie (LEA) und dem Römisch-Germanischen Zentralmuseum (RGZM) in Mayen (Deutschland) stattfinden. Zur Tagungsvorbereitung führen der Vorsitzende Gunter Schöbel und der Schatzmeister Thomas Lessig-Weller Ende Februar 2014 nach Mayen, um vor Ort mit den Kooperationspartnern zu planen. Dank der guten Zusammenarbeit mit Michael Herdick und dem Team des LEA

konnte die weitere Tagungsvorbereitung per Email erledigt und der Vorstand stark entlastet werden.

Während des Jahres 2014 sind verschiedene Anfragen, vor allem von den Medien, an den Vorstand herangetragen und von diesem bearbeitet worden. Namentlich der Vorstandsvorsitzende Gunter Schöbel nahm auch an diversen Expertenrunden zum Thema Experimentelle Archäologie bzw. Freilichtmuseen teil.

Noch im Jahr 2014 begann der Schatzmeister Thomas Lessig-Weller damit, alles für die reibungslose Umstellung auf das neue SEPA-Lastschriftverfahren vorzubereiten. Dazu war es notwendig, z. B. eine Gläubiger-ID bei der Bundesbank zu beantragen und Mandatsreferenznummern für die Mitglieder zu vergeben.

Am 14. Mai 2014 erfolgte die Umtragung des Vereins in das Vereinsregister in Überlingen am Bodensee, wo die EXAR nun unter der Registernummer VR984 geführt wird.

Veröffentlichungen

Im Oktober 2014 kam pünktlich zur 12. Internationalen Jahrestagung in Mayen das 13. Heft Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz 2014 heraus. Der Band hat 215 Seiten und beinhaltet vor allem Artikel zu den Vorträgen der 11. Internationalen Jahrestagung in Linz in Österreich. Auch im Jahr 2014 wurden die Re-



Abb. 1: Teilnehmer der EXAR-Tagung 2014 in Mayen. – Participants of the EXAR meeting 2014 in Mayen.

daktions- und Layoutarbeiten von den Vereinsmitgliedern übernommen. Bei der Tagung in Mayen anwesende Mitglieder konnten ihre Bücher direkt dort entgegen nehmen, den übrigen wurden sie – wie üblich – im Anschluss an die Tagung zugeschickt. Am Büchertisch im Tagungsbüro wurden neben dem neuen Heft auch die älteren Jahrgänge verkauft. Einige Bände sind mittlerweile vergriffen. Der Vorstandsvorsitzende führte 2014 mit dem neuen Direktor des Landesmuseums für Natur und Mensch in Oldenburg Verhandlungen bezüglich des Ankaufs dortiger Altbestände.

Jahrestagung 2014

Die 12. Internationale Jahrestagung der EXAR fand vom 2. bis 5. Oktober 2014 in Kooperation mit dem Labor für Experimentelle Archäologie (LEA) und dem Römisch-Germanischen Zentralmuseum (RGZM) in Mayen, Deutschland, statt. Über 100 Experimentalarchäologen aus Europa trafen sich zum Kennenlernen und zum Erfahrungsaustausch (Abb. 1).

An Donnerstagabend fand zunächst ein informelles Treffen statt. An den nächsten beiden Tagen wurden 20 Vorträge gehalten, wovon sich ein Großteil mit Themen aus den Bereichen Experiment und Versuch und Rekonstruierende Archäologie schäftigte. Erfreulicherweise konnten aus Monrepos Referenten zu steinzeitlichen Fragestellungen gewonnen werden – ein Themenkreis, der in den letzten Jahren etwas seltener vertreten war. Dazu kamen diverse Vorträge zur Verhüttung sowie ein recht umfangreicher Block mit Themen aus der Römischen Kaiserzeit. Weitere Vorträge fielen in die Kategorie „Theorie und Vermittlung“. Daneben wurden Poster zu so unterschiedlichen Themen wie die Rekonstruktion römischer Feldgeschütze oder auch über antike Keramikbrennöfen in Argentinien präsentiert.

Tagungsprogramm am Freitag, 3. Oktober 2014:

Begrüßung/Welcome Prof. Dr. Gunter Schöbel (Pfalzbaumuseum Unteruhldingen, D), Grußwort/Greeting Dr. Michael

Herdick (Labor für Experimentelle Archäologie Mayen, D); Nina-Maria Schlösser (D), *Exploring Palaeolithic weapon delivery systems using a controlled and realistic experimental set-up: preliminary results/Zur Rekonstruktion paläolithischer Jagdwaffensysteme: Vorläufige Ergebnisse eines kontrolliert realistischen Versuchsaufbaus*; Markus Wild (D), *Some results from an experiment: Re-analysis of Mesolithic antler frontlets/Resultate eines Experiments: Neuaufnahme bearbeiteter Hirschschädel des Mesolithikums*; Jonas Nyffeler (CH), *Absicht oder Zufall? Untersuchungen zu verbrannten Axtfragmenten der Siedlung Niederwil/Intentional or accidental? Fire impact on perforated stone axes from Niederwil*; Markus Loges, Anja Probst, Claudia Merthen (D), *Dechsel am Altenberg. Die Ergersheimer Experimente – Neue Erkenntnisse zur neolithischen Holzbearbeitung/Beaver in the wood – New scientific findings from the fourth Ergersheimer Experiments*; Ralf Laschimke, Maria Burger (D), *Die Anfänge der Kupfermetallurgie – archäometallurgische Experimente zur Verhüttung von Malachit am offenen Feuer/The beginnings of metallurgy – archaeometallurgical experiments for extraction of copper from malachite*; Gert Goldenberg (A), *Experimental reconstruction of Bronze Age chalcopyrite smelting/Experimentelle Rekonstruktion bronzezeitlicher Kupferkies-Verhüttung*; Simon Timberlake (GB), *Some recent experimental investigations of the earliest mining, processing, and the smelting of metals – three preliminary case studies/Einige neuere experimentelle Untersuchungen zum frühesten Abbau, Aufbereitung und Verhüttung von Metallen – vorläufige Ergebnisse dreier Fallstudien*; Sabine Ringenber (D), *Die handwerkliche Bedeutung der Bleikessel von Pompeji/The lead kettles of Pompeji from a technical perspective*; Jan Hochbruck (D), „...und, will es Dein Wachs vergönnen, male sie

von Salbe duftend“/“... and if the wax / be able let it breathe perfume“; Hannes Lehar (A), *Die Wasserspülung der römischen Latrinen/The water flushing of roman latrines*; Arne Döpke (D), *Römische Grenzverteidigung am Rhein in der Spätantike/Defending the Roman frontier on the Rhine in late Antiquity*.

Tagungsprogramm am Samstag, 4. Oktober 2014:

Andreas Klumpp (D), *Dissertationsprojekt Culina Historica – Kochbuchforschung und Experimentelle Archäologie/PhD Project Culina Historica – Cookery book research and experimental archaeology*; Maren Siegmann (D), *zuku, busu, tersitu. Von der Kunst, farbiges Glas zu machen/zuku, busu, tersitu. The art of making coloured glasses*; Stephan Patscher (D), *Die Sprache der Spuren, Anhaftungen und Absorbtion – zur Rolle der wissenschaftlichen archäologischen Restaurierung für die Lesbarkeit archäologischer Objekte/The Language of Traces, Remains and x-ray Documentation – the role of the scientific archaeological conservation for the readability of archaeological objects*; Wolfgang Lobisser (A), *Zur Rekonstruktion eines bronzezeitlichen Streitwagens nach archäologischen Befunden der Sintašta-Kultur im Transural/The reconstruction of a Bronze Age warrior chariot according to archaeological findings of the Sintašta-Culture in Transural*; Thomas Flügen (D), *Die antike Steindrehbank – Eine vergessene Maschine wird rekonstruiert/The antique stone turning lathe – a forgotten machine reconstructed*; Frank Wiesenber (D), *Das römische Glasofenprojekt im Archäologiapark Römische Villa Borg. Rekonstruktion und erste Betriebsphasen/The experimental Roman glass furnace project in the archaeological park Roman Villa Borg (Borg Furnace Project). Glass furnace reconstruction and the first two*

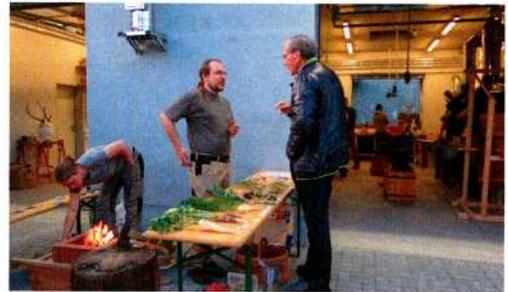


Abb. 2: Impressionen vom Come-together auf dem Mayener Grubenfeld. – Impressions of the Come-together at the Mayener Grubenfeld.

firings; Dirk Vorlauf (D), *Experimentelle Archäologie an der Philipps-Universität Marburg/Experimental Archaeology at the Philipps-University of Marburg (Hessen, Germany)*; Michael Herdick (D), *Science Wars: Experimentelle Archäologie und die Wissensproduktion im Modus 2.0/Science Wars: Experimental archaeology and version 2.0 of knowledge production*; Andreas Sturm (D), *Weg mit den Scheuklappen! Einige Thesen zur Qualitätssicherung in der Performativen Geschichtsdarstellung/There's more to interpretation than is dreamt of in your studies! Some theses on quality assurance of costumed live interpretation.*

Während dieser zwei Tage wurden zudem folgende Poster präsentiert:

Arne Döpke, *Rekonstruktion römischer Feldgeschütze/Reconstructing Roman Field Artillery*; Claudia Merthen, *Brochiert in Gold. Zur Webtechnik zweier Säbelbänder im Germanischen Nationalmuseum, Nürnberg/Brocaded in Gold. On the Weaving Technique of two Baldrics at the Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg*; Lidia Ester Escobar de Diener, *Antike Keramikbrennöfen in Argentinien. Experimentelle Archäologie/Ancient pottery kilns in Argentina. Experimental archaeology*; Sylvia Crumbach, *Zurück zu unserem Cheruskerhof! Anschauliche*



Abb. 3: Die Ausstellung Terra Vulcania.
– The exhibition Terra Vulcania.

Kulturhöhe im Germanengehöft auf dem Barkhauser Berg, Oerlinghausen/Back to our Cheruscan farm! Picturesque "Kulturhöhe" at the Germanic homestead at Mount Barkhouse, Oerlinghausen; Jasmin Rauhaus, „Archäologische Schnitzeljagd“ & „Uni on Tour“ – Pädagogisch geprägte Programme zwischen Universität und Museum/„Archäologische Schnitzeljagd“ & „Uni on Tour“ - Pedagogical projects between university and museum.

Im Anschluss an das Vortragsprogramm am Samstag folgte die Mitgliederversammlung.

Am Freitagabend lud der Kreis Mayen-Koblenz die Tagungsteilnehmer zu einem Empfang ein. Nach der Mitgliederversammlung am Samstag traf man sich am Abend auf dem Mayener Grubenfeld, wo das LEA ein tolles Programm zusammengestellt hatte. Neben Führungen über Grubenfeld und durch die Ausstellung der Terra Vulcania gab es Vorführungen und Erläuterungen zu aktuellen Projekten wie dem Keramikbrennofen, Mühlenproduktion oder römischen Fernwaffen.

Am Sonntag führte die Exkursion die Teilnehmer zum Römerbergwerk Meurin, dem größten unterirdischen Tuffsteinrevier der Römerzeit nördlich der Alpen.

Mitgliederversammlung 2014

Die 12. Mitgliederversammlung der EXAR fand am 4. Oktober 2014 am Rande der 12. Internationalen EXAR-Jahrestagung in Mayen (Deutschland) statt. Die Einladung mit den Tagesordnungspunkten war allen Mitgliedern termingerecht zugesandt worden. Anträge zur Tagesordnung waren nicht eingegangen.

Der 1. Vorsitzende berichtete über die Arbeit des Vorstandes, dann stellte der Schatzmeister seinen Bericht vor. Finanziell steht der Verein sehr gut da, die Mitgliederzahl hat sich auf 188 (aus 18 Ländern) erhöht. Die Kassenprüfung ergab keine Beanstandungen. Der Vorstand wurde auf Antrag entlastet.

Turnusgemäß mussten Neuwahlen stattfinden. Aufgrund einer Satzungsänderung im letzten Jahr können Vorstandsmitglieder nun auch für mehr als 2 Amtsperioden gewählt werden. Bis auf den Schriftführer Friedrich Egberink stellten sich alle Vorstandsmitglieder zur Wiederwahl und wurden in ihren Ämtern bestätigt. Neu in den Vorstand wurde Jutta Leskovar von den Oberösterreichischen Landesmuseen als Schriftführerin gewählt.

Für die Tagung 2015 wurde eine Einladung vom Römerkastell Saalburg (Deutschland) überbracht, die die Mitglieder gerne annahmen.

Abbildungsnachweis:

Alle Abb.: Gunter Schöbel

Autorin

Dr. Ulrike Weller

Niedersächsisches Landesmuseum

Hannover

Willy-Brandt-Allee 5

30169 Hannover

Autorenrichtlinien „Experimentelle Archäologie in Europa“ (English version on www.exar.org)

Die Redaktion behält sich vor, Artikel abzulehnen. Redaktionsschluss ist der 31.12. jeden Jahres.

Der eingereichte Text soll 8 Seiten (Times New Roman, 12 Punkt, einfacher Zeilenabstand) inklusive fremdsprachiger Zusammenfassung, Literaturverzeichnis, Abbildungsnachweis, deutscher und englischer Abbildungsunterschriften und Autorenanschrift nicht überschreiten. Ferner sollen nicht mehr als 10 Bilder eingereicht werden.

Der eingereichte Text stellt die endgültige Fassung dar. Bei der Autorenkorrektur sind nur kleinere Korrekturen, die nicht in das Layout eingreifen, möglich. Umstellungen im Text, das Verschieben von Textblöcken sowie das Einfügen oder Entfernen ganzer Sätze oder Textblöcke können nicht berücksichtigt werden.

Text

- Manuskripte sind als Fließtext mit dem Programm Word für Windows oder einem ähnlichen Textverarbeitungsprogramm zu erstellen; keine pdf-Dateien!
- Der Text darf keine Formatierungen (z.B. Spalten), Silbentrennungen, Kopf-/Fußzeilen, Seitenzahlen und Bilder enthalten.
- Rechtschreibung nach den Richtlinien der „Reform der deutschen Rechtschreibung“ (Stichtag der Einführung 1.8.1998) und den Modifikationen 2004 und 2006.
- Anmerkungen in Fuß- und Endnoten sind nicht möglich.
- Der Text enthält Hinweise auf die Abbildungen und die benutzte Literatur.

Die alleinige und vollständige Reihenfolge des Beitrages besteht aus:

- Zusammenfassung bei deutschen Texten in englischer bzw. bei englischen Texten in deutscher Sprache (maximal 20 Zeilen, DIN A4, Schriftgröße 12 Punkt).

- Text
- Literaturverzeichnis
- Abbildungsnachweis
- Autorenanschrift
- Abbildungsunterschriften

Zitierweise im Text

Zitiert wird nach der sogenannten naturwissenschaftlichen Zitierweise: im fortlaufenden Text in Klammern - Autorenname, gefolgt von Erscheinungsjahr und Seitenangabe.

- Mehrere Seitenzahlen werden durch Semikolon getrennt, ebenso Seitenzahlen bei Abbildungsangaben.
- Unternummern bei Abbildungsangaben stehen nach einem Komma hinter der Abbildungsnummer; mehrere Unternummern, die nicht direkt aufeinander folgen, werden durch Punkt getrennt.
- Anmerkungen sind grundsätzlich zu vermeiden.
- Werden mehrere Werke genannt, sind die Autorennamen durch ein Semikolon zu trennen.
- Werden mehrere Werke eines Autoren erwähnt, ist vor dem Erscheinungsjahr jeweils der Autorenname zu nennen.

Beispiele:

(Möller 1988, 17; Möller 1989, 13-14, Abb. 1);
(Zimmermann 1989, 18-19, Abb. 3,2-3.9; 5,2-5.9; Taf. 88,3).

Literaturverzeichnis

Am Ende des Beitrages ist in alphabetischer Reihenfolge ein vollständiges Verzeichnis der benutzten Literatur nach folgendem Muster zu erstellen:

- Außer „Hrsg.“ (für Herausgeber) dürfen keine Abkürzungen oder Sigel benutzt werden; Zeitschriften- oder Reihennamen

sind immer auszusprechen!

- Die Literatur wird in folgender Reihenfolge angeführt: Nachname (Komma) Vorname abgekürzt (kein Satzzeichen) Erscheinungsjahr (Doppelpunkt), vollständig ausgeschriebener Titel (Punkt). Bei Zeitschriften folgt Titel der Zeitschrift (ohne Satzzeichen) Bandnummer (Komma) Jahrgang (Komma) vollständige Seitenzahl. Bei Monografien folgt ggf. Titel des Sammelbandes (ohne Satzzeichen) und Bandnummer (Punkt) Erscheinungsort (ohne Satzzeichen) Jahr (Komma) vollständige Seitenzahl.
- Mehrere Autoren/Herausgeber werden durch Komma getrennt. Gibt es mehr als 3 Autoren/Herausgeber, wird der erste genannt, die übrigen Namen werden durch u. a. oder et al. ersetzt.
- Im Literaturverzeichnis soll nur im Text zitierte Literatur aufgeführt werden.

Beispiele:

Both, F. 1996: Düna II. Untersuchungen zur Keramik des 1. bis 14. nachchristlichen Jahrhunderts. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens Reihe A 24. Hannover 1996.

Fansa, M. 1983: Die Steingeräte aus den Megalithgräbern in Kleinenkneten, Stadt Wildeshausen, Ldkr. Oldenburg. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 6, 1983, 1-8.

Genrich, A., Peters, H.-G., Schirrig, H. 1977: Vor- und Frühgeschichte. In: H. Patze (Hrsg.), Geschichte Niedersachsens 1. Veröffentlichungen der Historischen Kommission für Niedersachsen und Bremen 36. Hildesheim 1977, 439-541.

Abbildungen und Tabellen

- Abbildungen, Diagramme, Tabellen, Grafiken etc. können in Form von JPEG- oder TIFF-Dateien vorgelegt werden; die

Dateinamen sollen den Namen des Autors und die Nummer der Abbildung, Tafel usw. enthalten (z.B. Schöbel Abb1.jpg).

- Abbildungen dürfen nicht im Text enthalten sein, sondern müssen in getrennten, einzelnen Dateien eingereicht werden.
- Falttafeln können aus Kostengründen nicht angefertigt werden.
- Zu jeder Abbildung, Tabelle, Grafik usw. ist eine Abbildungsunterschrift zu erstellen, die nicht länger als 3 Zeilen (DIN A4, Schriftgröße 12 Punkt) sein darf. Die Abbildungsunterschriften sollen in Deutsch und Englisch eingereicht werden.
- Die Abbildungsunterschrift besteht aus „Abb.“, laufender Nummer und der eigentlichen Abbildungsunterschrift.
- Bei Fotos von Funden und Repliken sollte ein Maßstab ins Bild eingefügt sein.
- Alle Abbildungsunterschriften sind als Anhang an den Text zu stellen (s. „Text“).
- Abbildungen und Abbildungsunterschriften müssen eindeutig einander zugeordnet sein.
- Bilder müssen mindestens 300 dpi und maximal 600 dpi aufweisen, Strichzeichnungen sollten 1200 dpi haben.
- Bildbearbeitung kann nicht vorgenommen werden.

Abbildungsnachweis

- Urheberrechtliche Angaben, z.B. Abbildungsnachweise, liegen in der Verantwortung des Autors; dieser besorgt die ggf. notwendigen Genehmigungen zur Nutzung der Abbildung und trägt die eventuell anfallenden Kosten für die Veröffentlichung.
- Abbildungsnachweise sind im Text nach den Literaturangaben und vor der Autorenanschrift aufzuführen; hier ist anzugeben, wer die Abbildung erstellt hat bzw. aus welcher Literatur (Autor, Titel, Jahreszahl, Seitenzahl, Abbildungs- oder Tafelnummer) sie entnommen ist.

ISBN

978-3-944255-03-3