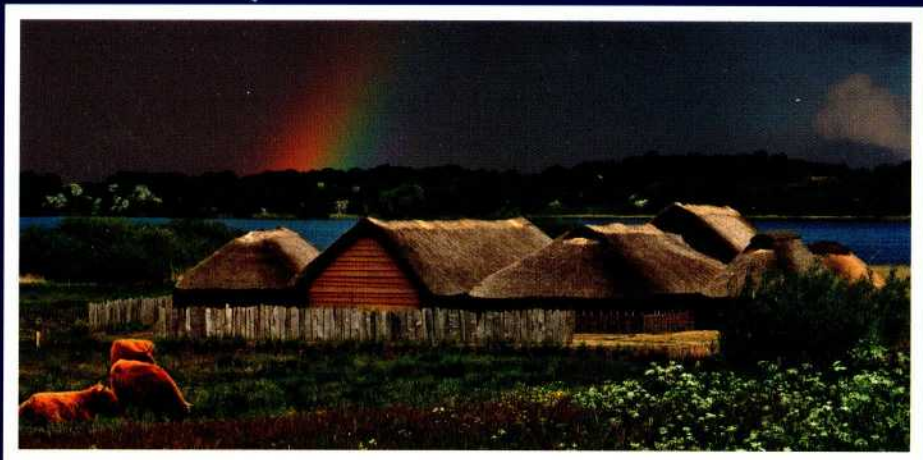
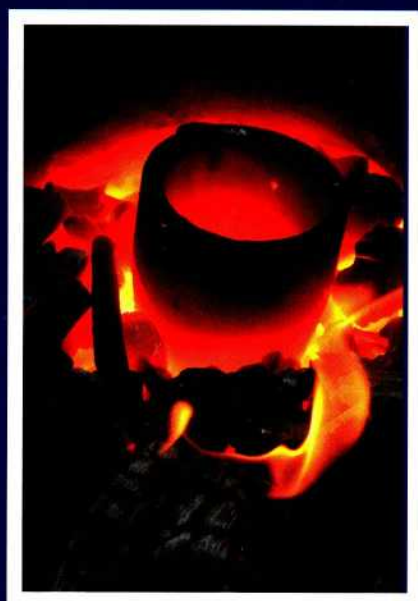


EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE

in Europa

BILANZ 2012





PFAHLBAU MUSEUM
UNTERUHLINGEN BODENSEE
Inv. Nr.: 27446

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN EUROPA
BILANZ 2012
Heft 11

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

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



EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE
IN EUROPA
BILANZ 2012



Unteruhldingen 2012

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

Redaktion: Ulrike Weller, Thomas Lessig-Weller,
Erica Hanning, Brigitte Strugalla-Voltz

Textverarbeitung und Layout: Ulrike Weller, Claudia Merthen
Thomas Lessig-Weller

Bildbearbeitung: Ulrike Weller

Umschlaggestaltung: Thomas Lessig-Weller, Ulrike Weller

Umschlagbilder: Markus Klek, Frank Trommer, Ute Drews

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

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

ISBN 978-3-9813625-7-2

© 2012 Europäische Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie / European Association for the advancement of archaeology by experiment e.V. - Alle Rechte vorbehalten
Gedruckt bei: Beltz Bad Langensalza GmbH, 99941 Bad Langensalza, Deutschland

INHALT

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

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

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

Die Herstellung von Bronzelanzenspitzen

Ein wissenschaftliches Experiment im Keltenmuseum Hochdorf/Enz

Tiberius Bader, Patrick Geiger, Frank Trommer

Summary – *The great number of Bronze Age lances and corresponding moulds aroused interest in how these weapons of the past could have been manufactured. At a special weekend the visitors of the Keltenmuseum Hochdorf could attend a performance of experimental archaeology which showed the casting of lances in three different ways: in permanent (steatite) casting moulds, using lost wax technique and in moulding sand.*

Die Lanze hatte im Laufe ihrer Geschichte stets eine wichtige Bedeutung als Waffe wie auch als Macht- und Statussymbol (Abb. 1). Durch die zahlreichen archäologischen Lanzenfunde und auch deren Gussformen entstand die Frage, welche Technik in der Bronzezeit angewendet wurde, um sie herzustellen. Die Besucher des Keltenmuseums Hochdorf/Enz hatten am 17. und 18. Juli 2010 die Gelegenheit, drei verschiedene Gusstechniken im Rahmen eines wissenschaftlichen Experiments der Arbeitsgruppe APMT zu beobachten.

Hinweise zur Technologie der Lanzenspitzenherstellung ergeben sich aus der Analyse von Halbfertigprodukten, Gussnähten, Metallabfällen, Schlackeresten, Arbeitswerkzeugen und anderen Arbeitsmitteln und schließlich von Gussformen und Legierungen selbst. Anhand der Gussformen aus Stein, Metall oder Lehm ist es möglich, verschiedene Gussverfahren zu rekonstruieren. Leider sind Funde von Gussformen jedoch nicht häufig. Noch

seltener sind Gusskerne erhalten, die ebenfalls Hinweise auf die Herstellungstechnik geben könnten.

Bei der Herstellung von Lanzenspitzen und anderen Waffen und Geräten können verschiedene Gusstechniken zum Einsatz kommen. Die Funde von Gussformen, wie zum Beispiel der Gussformenfund von Heilbronn-Neckargartach, zeigen uns, dass Lanzenspitzen mit Hilfe des Kokillengussverfahrens (Zweischalenguss) hergestellt wurden. Die frühen Gussformenfunde für Lanzenspitzen in Niederösterreich, Südbayern und dem Fürstentum Liechtenstein deuten darauf hin, dass mit Übernahme der Waffenform auch die Herstellung vor Ort aufkam. Dies passierte noch vor der mittelbronzezeitlichen Stufe Lochham. Die Gussformenfunde aus Sandstein in mehreren Siedlungen deuten auf einen dezentralisierten Herstellungsprozess, der zu verschiedenen Varianten und Verzierungen führte.

Die Gussformen für die Lanzenspitzen im Nordischen Kreis hat Jantzen zusam-



Abb. 1: Rekonstruierte Bronzelanzenspitzen.

mengestellt (JANTZEN 2008). Erstaunlicherweise sind sie ausschließlich aus keramischem Material hergestellt. Insgesamt kennt er 19 Stücke, die meist nur fragmentarisch erhalten sind. Jantzen versuchte, einige Gussformen aus keramischem Material im Nordischen Kreis mit bekannten Lanzenspitzentypen zu vergleichen. Es ist jedoch schwierig zu bestimmen, welcher Lanzenspitzentyp aus einer bestimmten Gussform entsteht, denn die Unterscheidungsmerkmale mehrerer Typen sind zum Teil erst nach dem Guss angebracht worden.

Eine andere Möglichkeit, Lanzenspitzen zu gießen, ist der Guss in verlorener Form, „form à cire perdue“ bzw. das Wachsausschmelzverfahren. Leider ist es schwierig, dieses Verfahren archäologisch nachzuweisen. Hundt beschreibt vier bronzene Lanzenspitzen der früheren

bzw. mittleren Bronzezeit aus Ostmitteleuropa, die seiner Meinung nach mit Hilfe des Wachsausschmelzverfahrens hergestellt wurden (HUNDT 1986, 142).

Er geht davon aus, dass die Nagellöcher auf den Breitseiten nicht nur der Befestigung der Spitze am Schaft dienten, sondern auch zur Fixierung des Kernes beim Guss genutzt wurden. Da der Befestigungsstift des Kernes hierbei im rechten Winkel zur Schneide eingelegt sei, wäre das ein Hinweis auf einen Guss in verlorener Form, da sonst ein Aufklappen der beiden Formen bei einem Kokillenguss nicht möglich gewesen wäre.

Neben der frontalen Durchbohrung der Tülle könnte das Fehlen von Gussnähten (z. B. wie bei der Lanzenspitze aus Hernádkak, Grab 122) darauf hinweisen, dass dieses Stück mit Hilfe des Wachsausschmelzverfahrens hergestellt worden ist (SCHALK 1992, 143).

Eine weitere Möglichkeit wäre das heute noch in Werkstätten verwendete Verfahren des Gusses in Formsand. Dieser Vorgang ist archäologisch jedoch fast nicht nachweisbar und soll eigentlich zur Herstellung von zweiseitig profilierten Werkstücken wie Lanzenspitzen nicht geeignet sein. Goldmann vertritt die Meinung, dass mit dieser Methode kein Kernguss (s. u.) möglich sei (GOLDMANN 1981, 109ff.). Diese Anforderung könne nur mit Hilfe von Gussformen aus festem Material wie Lehm, Stein oder Metall erfüllt werden, die es ermöglichen, eine Gussform aus zwei Hälften für den Gießvorgang zusammenzusetzen.

Das Verfahren mit Kernguss, das bei allen drei vorgestellten Gusstechniken benutzt werden kann und bei dem ein Kern in die jeweilige Gussform eingelegt wird, war eine der wichtigsten Entdeckungen der frühen bzw. mittleren Bronzezeit; es

war die ganze Bronzezeit über in Gebrauch und wurde technisch weiterentwickelt. Mit dieser Technik konnte man Hohlräume und Aussparungen herstellen. Anfangs wurden die Kerne aus Ton hergestellt, sie mussten also bei jedem Gussvorgang neu angefertigt werden. Später fertigte man sie aus Metall, z. B. aus Bronze und konnte sie somit wiederverwenden. Eine Gussform aus dem Gussformenhortfund von Neckargartach, Baden-Württemberg (PARET 1954, 7ff.), wurde von Urbon als Form zum Giessen von Metallkernen zum Lanzenspitzen-guss interpretiert (URBON 1959, Abb. 1).

Kurze Geschichte der Experimente

Versuche, Bronze nach alter Methode zu gießen, haben eine lange Tradition. Eine ausführliche Erörterung dieses Themas finden wir zum ersten Mal in der Arbeit von Carl Neergaard. Er analysierte Gussformen, Gusskerne, Tiegel und Gusskuchen und ließ im Nationalmuseum Kopenhagen einen Gussversuch durchführen (NEERGAARD 1908).

Sehr intensiv hat sich Drescher mit der Bronzegießerei beschäftigt, zuerst mit dem Bronzeguss in Formen aus Bronze, dem Überfangguss, dann mit der bronzezeitlichen Gießerei (DRESCHER 1957; DRESCHER 1958). In der Schweiz hat sich Wyss in den sechziger Jahren des 20. Jh. mit der bronzezeitlichen Gusstechnik allgemein befasst (WYSS 1967).

Im Archäologischen Freilichtmuseum Oerlinghausen fanden im Rahmen der „Tage der experimentellen Archäologie 1992“ u. a. Versuche zur vorgeschichtlichen Technik des Bronzegusses statt. In den folgenden Jahren sind weitere Versuche durchgeführt worden. Im Vordergrund der Experimente standen hier nicht die einzel-

nen archäologischen Funde, sondern die Werkstoffe und ihre Eigenschaften (GIESE, SCHWÄMMLE, TROMMER 2003).

Anlässlich der Sonderausstellung „Pfahlbauland“ an den Ufern des Zürichsees im Sommer 1990 kam es zur Gründung einer „Bronzegießergemeinschaft“ in der Abteilung für Ur- und Frühgeschichte der Universität Zürich. Zu dieser Gruppe gehörten Mitarbeiter des Schweizerischen Landesmuseums, der Universität und der Denkmalpflege des Kantons Zürich. Im Jahr 1993 wurde auch eine Arbeitsgemeinschaft für Experimentelle Archäologie der Schweiz gegründet, um einen Informationsaustausch über die Gießergemeinschaft hinaus zu gewährleisten. Es wurden mehrere Experimente für die Kupfer-, Bronze- und Eisenzeit durchgeführt (FASNACHT 1991; FASNACHT 1995).

Am Workshop „Bronzemetallurgie“ in Halle/Saale vom 2. bis 5. Mai 1996 wurden außer den Vorträgen im Bereich der Bronzegießerei auch von sieben Mannschaften praktische Vorführungen zum Bronzegießen durchgeführt (FRÖHLICH 2001; HIRSCH, GRAF 1999).

Die Arbeitsgruppe APMT um Frank Trommer, die die Experimente im Keltenmuseum Hochdorf durch- und vorgeführt hat, beschäftigt sich seit mehr als 25 Jahren mit prähistorischem Bronzeguss (HOLDERMANN, TROMMER 2006; HOLDERMANN, TROMMER 2010; HOLDERMANN, TROMMER 2011). Bei diesen Experimenten sollten drei unterschiedliche Verfahren des Metallgusses für die Herstellung von Lanzenspitzen ausprobiert werden: Das Wachs-ausschmelzverfahren, der Zweischalenguss und auch der Guss in Formsand, der allerdings nicht archäologisch belegt ist.

(T. Bader)

Bronzezeitlicher Lanzenspitzenguss – ein Experiment im Keltenmuseum Hochdorf/Enz

Die Idee zum Hochdorfer Experiment entstand zu Beginn des Jahres 2009, als sich der Autor auf der Suche nach Literatur zu einem Werkstattfund mit Gussformen und Blasebalgdüsen aus Kroatien (Sv. Petar Ludbreški) an T. Bader wandte, um danach Lanzenspitzen zu gießen. Nach einem Briefwechsel und einer Besprechung am 25. Februar 2010 in Hemmingen und Hochdorf im Keltenmuseum mit Frau Dr. Simone Stork, der Leiterin des Museums, waren wir uns einig, ein Experiment zum bronzezeitlichen Lanzenspitzenguss im Keltenmuseum durchzuführen. Neben dem wissenschaftlichen Experiment wurde in der Vorbereitung hier auch der besondere Aspekt auf die Vermittlung unserer Arbeit im Museum gelegt. Die Bronzegussvorführung fand auf dem Freigelände des Keltenmuseums im Bereich des nachgebauten keltischen Gehöfts statt. Die praktische Durchführung lag bei Frank Trommer, Patrick Geiger und weiteren Mitarbeitern (Blaubeuren), die wissenschaftliche Koordination und Begleitung bei Tiberius Bader, die Organisation bei Dr. Simone Stork. Für die Finanzierung der Aktion möchten wir der Gemeinde Eberdingen danken.

Vorbereitungen

Das Experiment basiert auf bisherigen Arbeiten zur prähistorischen Bronzetechnologie (HOLDERMANN, TROMMER 2006; HOLDERMANN, TROMMER 2010; HOLDERMANN, TROMMER 2011) und dem zusätzlichen intensiven Studium der vorhandenen Literatur zur Lanzenspitzenherstellung. Die verschiedenen Verfahren wurden sorgfältig

im Vorfeld geplant und theoretisch vorbereitet. Hierüber wurde eine ausführliche Dokumentation erstellt. In der Werkstatt der Arbeitsgruppe APMT wurden die einzelnen Experimente praktisch in ihren Einzelheiten vorbereitet und in kleinen Serien getestet. Dazu zählten die Vorbereitung des Arbeitsplatzes, Aufbau des Ofens, Herstellung der Gussformen für den Kokillenguss, Herstellung von Formen für das Wachsausschmelzverfahren, die Einarbeitung in die Technik des Sandgusses und vor allem die Durchführung von Versuchen zum Guss von Tüllenwerkzeugen und Lanzen aus der Bronzezeit.

Die folgenden Installationen fanden Verwendung:

Ofen

Der verwendete Schmelzofen ist eine aus Lehm aufgebaute, oval-schüsselförmige Herdstelle mit niedrigen Seitenwänden. Dafür wird ein Gemisch aus Lehm, Schamott und Pferdemist benutzt. Die Länge/Tiefe beträgt etwa 45-50 cm und die Breite misst etwa 30 cm. Die Wandung im Bereich der Düse ist ca. 25 cm hoch, während die restliche Wandhöhe 15 cm beträgt. Dieser Ofen ist das Resultat langjähriger Erfahrung im Bereich des prähistorischen Bronzegusses und entspricht einem prähistorischen Ofenfragment eines Bronzeschmelzofens aus dem Naturhistorischen Museum in Wien. Die Verbindung des Ofens mit den Blasebälgen erfolgt durch einen aus Lehm geformten Kanal, so dass die Balgspitzen nicht direkt mit dem Feuer in Berührung kommen und gleichzeitig ein Ansaugen der Flammen beim Öffnen des Blasebalges verhindert wird. Zusätzlich wird hier



Abb. 2: Der Schmelzofen mit Verbindungskanal zu Blasebälgen und Tiegel.

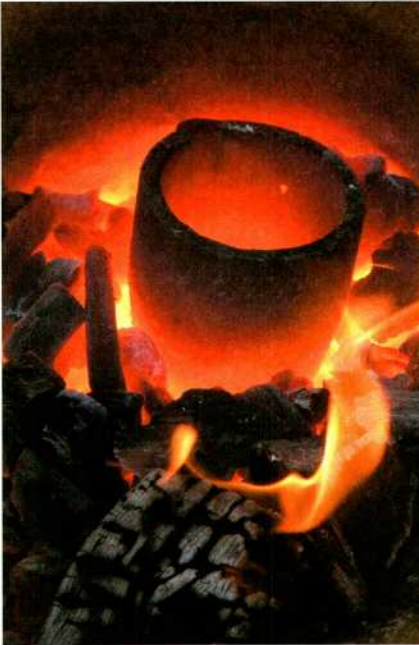


Abb. 3: Die Bronze schmilzt im Tiegel.

beim Einpressen der Luft in das Düsenloch durch die Saugwirkung noch mehr Luft in den Ofen geführt, wodurch ein rascheres Ansteigen der Schmelztemperatur erreicht wird (Abb. 2).

Blasebalg

Die verwendeten Blasebälge orientieren sich an antiken griechischen Vorbildern. Es handelt sich um zwei Spitzblasebälge mit einem Luftfassungsvermögen von etwa 22,5 Litern pro Balg. Mit diesem Belüftungssystem lässt sich mit nur einer Bedienungsperson die erforderliche Temperatur im Ofen erreichen. Auf den Einsatz von frühbronzezeitlichen Schlauchgebläsen mit einer Knickdüse wurde verzichtet, da bei unserem Experiment der Guss selbst im Vordergrund stand.



Abb. 4: Die vorbereiteten Specksteinformen mit Kern.



Abb. 5: Die Formhälften werden mit Hilfe von Haselruten zusammengehalten, der Kern wird an einer Bronzeschiene in der Form fixiert.

Tiegel

Auch bei den Tiegeln wurde aus den gleichen Überlegungen heraus auf einen bronzezeitlichen Typ verzichtet. Zur An-

wendung kamen moderne Graphittontiegel, die sich zwar an prähistorischen Formen orientieren, aber eine deutlich längere Lebensdauer haben. Außerdem ist aus Gründen der Sicherheit dem Graphittiegel bei Vorführungen der Vorzug zu geben, da ein einfacher Tiegel, der nach prähistorischen Gesichtspunkten hergestellt ist, beim Guss reißen kann. Der Tiegel kann etwa 600 Gramm Bronze fassen (Abb. 3).

Brennstoff

Als Brennmaterial wurde eine gute Buchenholzkohle mit einer Stückgröße von 4 bis 6 cm genutzt.

Rohmaterial

Für die einzelnen Experimente haben wir unterschiedliche Legierungen verwendet. Bei den meisten Gussversuchen wurde



Abb. 6: Die Bronze wird am Kern vorbei in die Form gegossen.

eine handelsübliche Bronze mit einer Legierung von 92 % Kupfer und 8 % Zinn aufgeschmolzen. Wir nutzen diese Bronze, weil sie im Mittel einer prähistorischen Bronze entspricht. Bei einigen Güssen haben wir eine von uns legierte Bronze mit etwa 10 % Zinn verarbeitet. Es ließ sich nach Durchsicht von tausenden metallurgischen Untersuchungen an den verschiedensten Bronzestücken kein werkstoffgebundener Grund für eine spezielle Legierungszusammensetzung nachvollziehen, wobei anzunehmen ist, dass für einige Stücke durchaus die optimale Zusammensetzung der Bronze ausgewählt worden ist. Eine Zinnbronze mit 8 % Zinnanteil hat den Vorteil, dass sich das Zinn beim Guss noch relativ gleichmäßig im Rohling bei der Bildung der Mischkristalle verteilt. Bei höheren Zinngehalten ist dies nicht mehr gewährleistet. Mit einer optimalen Kaltverdichtung nach dem Guss wird eine für den Gebrauch von Werkzeugen gute Härte und damit Schneidhaltigkeit erreicht.

Messgerät

Für die Temperaturmessungen während

des Experiments wurde ein digitales Messgerät mit einem Temperaturbereich von -500-1600° C der Herstellungsfirma Griesinger genutzt.

Guss in zweischaligen Formen (Kokillenguss)

Für den Guss in zweischaliger Form (Kokillenguss) wurden im Vorfeld bereits zwei Formen aus Speckstein hergestellt (Abb. 4). Die Vorlagen für diese Formen lieferten zum einen eine Lanzenspitze aus der befestigten Siedlung „Wasserburg Buchau“ (Baden-Württemberg) und eine Gussform aus der bekannten Werkstatt von Krasnomajak, Ukraine, nach dem der Lanzenspitzentyp benannt ist.

Die ausgewählten Gussformen hatten folgende Maße:

- Bad Buchau, Negativ: Länge 215 mm, Breite 55 mm, Tüllendurchmesser 25 mm; Gussform: Länge 245 mm, Breite 110 mm, Dicke 2 Stücke mit je 30 mm. Fixierung des Kernes durch eine oben liegende Bronzeschiene, Einguss seitlich am Kern vorbei (Abb. 5-6).

- Krasnomajak, Negative: Länge 210 mm; Gussform: Länge 235 mm, Breite 50 mm, Materialstärke der beiden Formhälften je 30 mm. Fixierung des Kernes durch einen quer liegenden Bronzestift durch die Tülle. Einguss durch den Kern.

Der Gussvorgang

Nachdem der Werkstattbereich für den Guss aufgebaut worden war, wurde der Schmelzofen mit einer Ladung Holzkohle auf eine Betriebstemperatur von etwa 400-500° C vorgeheizt. Der mit den Bronzestücken gefüllte Tiegel (600 Gramm Zinnbronze) wurde nun in die Glut eingesetzt. Wichtig ist, dass der Tiegel an der



Abb. 7: Die Formen für die Lanzenspitze aus Bad Buchau mit Kern und die fertige Lanzenspitze.

Stelle mit der größten Hitze im Ofen steht, also im Bereich der Düsenöffnung zu den Blasebälgen. Der Gießer sorgt für den richtigen Stand des Tiegels im Feuer und für den ständigen Holzkohlenachschub. Gegen Ende des Schmelzvorganges wurde ein Holzbrett zur Abdeckung auf den Tiegel gelegt. Das Holzbrett verhindert das Hineinfallen von Holzkohlestücken während des Aufheizens, es erhält die Hitze im Tiegel und erzeugt durch die Verbrennung des Holzes eine reduzierende Atmosphäre im Tiegel. Dies erleichtert das Schmelzen der Oxidhaut des Metalls. Für das Aufschmelzen von ca. 600 g Bronze benötigten wir etwa 30 bis 35 Minuten. In der Zwischenzeit wurde die Form auf eine Temperatur von etwa 80° C angewärmt, damit diese möglichst trocken gegossen werden konnte. Kurz vor dem Guss wurden die beiden Formhälften mit einer Zwinde aus zwei Haselruten fest miteinander verklemt, so dass sie passgenau aufeinander saßen. Bei der Lanzenspitze aus Bad Buchau wurde der Kern, der ebenfalls aus Speckstein hergestellt wurde, mittels einer Bronzehalterung in der Form fixiert, damit dieser mittig mit



Abb. 8: Die Gussform für die Lanzenspitze aus Krasnomajak und die gegossenen Lanzenspitzen.

gleichstarkem Querschnitt in der Tülle der Form saß. Die Befestigung des Kerns in der Gussform ist nur bei wenigen Formen im archäologisch bekannten Fundmaterial klar ersichtlich (Abb. 7).

Bei der Form aus Krasnomajak wurde der Kern mit Hilfe eines quer durch die Tülle verlaufenden Bronzedrahtes gehalten (Abb. 8). Wichtig ist in jedem Fall, dass sich der Kern während des Gusses nicht verschieben kann, da dies zu ungleichen Dicken der Tüllenwandung führen kann, ja sogar bis zum Fehlguss mit nicht ausgeflossenen Teilen der Tülle. Zum sicheren Stand der Form wird diese beim Gussvorgang in ein Sandbett eingesetzt. Hat die Bronze im Tiegel die richtige Gießtemperatur erreicht, muss alles schnell gehen. Mit einer Zange wird der Tiegel aus dem Feuer geholt und die nun flüssige Bronze wird rasch in die Form gegossen. Dieser Vorgang darf nur wenige Sekunden dauern, weil sonst die Bronze nicht mehr heiß genug ist und somit die Form nicht richtig ausfließt. Das Ergebnis hängt von vielen Faktoren ab, zum Beispiel der Schnelligkeit beim Gießen, der Temperatur der flüssigen Bron-



Abb. 9: Die in der Werkstatt vorbereitete Form wird gebrannt.

ze, der Lufttemperatur, der Trockenheit der Form, dem richtigen Fixieren des Kernes bis hin zum aktuell herrschenden Luftdruck.

Die Ergebnisse am Samstag waren nicht zufriedenstellend, da hier an manchen Stellen die Tülle nicht ganz ausgeflossen war. Am Sonntag dagegen wurden einige vollständige Stücke gegossen.

Guss in verlorener Form

Für den Guss in verlorener Form wurden bereits im Vorfeld Positivmodelle aus Wachs hergestellt. Diese wurden mit einem Eingusskanal versehen und dann in einem Mehrschichtverfahren in unterschiedlichen Lehm-mischungen eingepackt (GIESE, SCHWÄMMLE, TROMMER 2003). Im Verlauf von 2 Wochen wurden diese langsam getrocknet. Danach wurde das Wachs ausgebrannt.

Die angefertigten Formen hatten folgende Maße: Länge etwa 300 mm, Durchmesser ca. 100 mm.

Vor Ort wurden diese Formen in einem Ausbrennofen, welcher mit einer Ladung Holzkohle gefüllt war, langsam gebrannt (Abb. 9). Die Formen wurden 2 bis 3



Abb. 10: Die flüssige Bronze wird in die Form gegossen, die sicher in einem Sandbett steht.

Stunden gebrannt, damit das im Lehm gebundene Wasser verdampft. Kurz vor dem Guss wurde die Form nun fast glühend aus dem Ausbrennofen genommen und tief in ein Sandbett eingegraben, damit die sehr fragile Form beim Guss nicht zerriss. Anschließend wurde die Form mit der flüssigen Bronze gegossen (Abb. 10). Da diese Formen „Einmalformen“ sind, wurde der Lehm-mantel nach dem Erkalten zerschlagen und das fertige Stück entnommen. Auch hier waren die Ergebnisse unterschiedlich. Es gelangen neben zwei Fehlgüssen auch zwei gute Lanzen-spitzen (Abb. 11).

Guss in Formsand

Auf Wunsch von Herrn Bader haben wir auch die Technik des Sandgusses in un-



Abb. 11: Die gegossene Lanzenspitze.

sere Experimente mit einbezogen. Es gibt zwar nach wie vor noch keine gesicherten Daten für die Verwendung dieser Gießereitechnik in der Bronzezeit, doch gibt es durchaus Argumente für ein zumindest ähnliches Verfahren in der Frühzeit der Metalltechnologie. Wir haben in Anlehnung an die von Goldmann konzipierten Gusskästen diese für unsere Zwecke nachgebaut (GOLDMANN 1981). Ein in der Mitte aufgespalteter Stamm einer etwa 20 cm starken Fichte wurde von uns von innen heraus beidseitig ausgehöhlt. Diese Formkästen wurden mit Formsand gefüllt, ein Holzmodell fest darin eingestampft und anschließend wieder entnommen. Die Frage war hier, wie in dieser Form der Tüllen Kern sauber fixiert werden kann. Wir entschieden uns daher für einen Guss über die Lanzenspitze. So konnte der Kern in der unteren Hälfte des Formkastens im Holz und zusätzlich auch noch im Formsand ausreichend befestigt werden. Der nun entstandene Hohlraum wurde mit einer Eingussöffnung versehen und zusammengespannt. Als Modell wurde hier die Lanzenspitze der Wasserburg Buchau verwendet. Als Formsand wurde ein industriell gefertigter Formsand für den Bronzeguss genutzt (Abb. 12).



Abb. 12: Die Formkästen und die darin gegossene Lanzenspitze.

Bei den beiden durchgeführten Güssen mit Formsand verrutschte während des ersten Gusses der Kern, so dass hier eine Fehlstelle am Übergang von Spitze zu Tülle entstand, der zweite Guss gelang aber.

Fazit unserer Versuche

Durch unsere Versuche konnten wir einige neue Erkenntnisse und Erfahrungen im Bereich des prähistorischen Bronzegusses sammeln. Alle drei Gussverfahren zeigten sowohl Vor- als auch Nachteile in der Anwendung, sie sind aber alle drei grundsätzlich für die Herstellung von Bronzelanzenspitzen geeignet. Grundlegend für alle drei Gießverfahren ist die sichere Fixierung des Kerns, um ein Verrutschen und somit Fehlgüsse während des Gussvorgangs zu vermeiden.

Beim Kokillenguss stellten wir fest, dass anders als beim Guss ohne Kern, die sehr gut vorgeheizte Form senkrecht stehen muss, um ein Verrutschen des Kerns zu vermeiden. Normalerweise wird auf eine leichte Schrägstellung der Form geachtet, damit eine bessere Entlüftung beim Einfließen des heißen Metalls in die Form gewährleistet werden kann.

Die Eingussöffnung wird durch den Kern ungünstig verkleinert. Durch aufwändige Hilfskonstruktionen muss der Kern sauber in der Form befestigt sein.

Bei der Herstellung für die Form beim Wachsausschmelzverfahren ist auf jeden Fall auf die richtige Zusammensetzung der Formmasse zu achten (siehe GIESE, SCHWÄMMLE, TROMMER 2003) sowie auf ausreichende Trocken- und Brennzeiten. Bei der Vorführung hatten wir mit einer nicht ganz trockenen Form gearbeitet, wodurch beim Guss Teile von der inneren Formoberfläche aussplitterten. Bei diesem Verfahren war das Fixieren des Kerns problemlos, da er sehr gut in der Form verankert werden konnte.

Interessant war der Versuch, eine Lanzenspitze in Formsand zu gießen, eine Technik, die archäologisch nicht nachgewiesen ist. Entgegen der Ansicht von Goldmann (GOLDMANN 1981) konnten wir eine Lanzenspitze mit Kern auch in einer Sandform herstellen. Wir benutzten einen Kern aus Speckstein, den wir nach Umbau der von Goldmann vorgeschlagenen Formkästen einigermaßen sicher darin befestigen konnten. Allerdings war auch bei diesem Verfahren das Verrutschen des Kerns während des Gussvorgangs ein Grund für Fehlgüsse.

(Fr. Trommer)

Zusammenfassung

Durch die zahlreichen Funde von Lanzenspitzen und deren Gussformen entstand die Frage nach der Herstellungstechnik dieser Waffe in der Bronzezeit. An einem Wochenende wurde im Keltenmuseum Hochdorf dem interessierten Publikum das Gießen von Bronzelanzen spitzen vorgeführt. Die Arbeitsgruppe APMT zeigte drei verschiedene Gussverfahren: den

Kokillenguss, das Wachsausschmelzverfahren und den Guss in Formsand.

Literatur

DRESCHER, H. 1957: Der Bronzeguß in Formen aus Bronze: Versuche mit originalgetreuen Nachbildungen bronzzeitlicher Gußformen aus Niedersachsen. Die Kunde N.F. 8, 1957, 234-239.

DRESCHER, H. 1958: Der Überfangguß: ein Beitrag zur vorgeschichtlichen Metalltechnik. Römisch-Germanisches Zentralmuseum. Mainz 1958.

FASNACHT, W. 1991: Der prähistorische Bronzeguss im Experiment. Erfahrungen anlässlich der Ausstellung Pfahlbauland. Minaria Helvetica 1991, 3-12.

FASNACHT, W. 1995: 4000 Jahre Kupfer- und Bronzeguss im Experiment. Experimentelle Archäologie. Bilanz 1994. Oldenburg 1995, 237-246.

FRÖHLICH, S. 2001: Workshop „Bronzemetallurgie“ in Halle (Saale) 02. bis 05. Mai 1996. Halle (Saale) 2001.

GOLDMANN, K. 1981: Guss in verlorener Sandform – das Hauptverfahren alteuropäischer Bronzegießer? Archäologisches Korrespondenzblatt 11, 1981, 109-116.

GIESE, E., SCHWÄMMLE, K., TROMMER, F. 2003: Bronzeguss. Eine Versuchsreihe zur Technik des prähistorischen Bronzegusses unter dem besonderen Aspekt des Formenmaterials. Experimentelle Archäologie in Europa. Bilanz 2002. Oldenburg 2003, 93-106.

HIRSCH, K., GRAF, B. 1999: Erfahrungen beim Nachguß von Ötzi's Beil. Experimentelle Archäologie in Deutschland. Bilanz 1997. Oldenburg 1999, 77-86.

HOLDERMANN, C.-St., TROMMER, F. 2006: Zur Himmelscheibe von Nebra – Metalltechnologie der frühen Bronzezeit im Nachvollzug. Experimentelle Archäologie

in Europa. Bilanz 2005. Oldenburg 2006, 123-135.

HOLDERMANN, C.-St., TROMMER, F. 2010: Verfahrenstechniken und Arbeitsaufwand im frühbronzezeitlichen Metallhandwerk – Technologische Aspekte der Himmelscheibe von Nebra – Ein Erfahrungsbericht. In: F. Bertemes, H. Meller (Hrsg.), Der Griff nach den Sternen. Internationales Symposium in Halle (Saale), 16.-21. Februar 2005 (= Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle (Saale) 5/III/2010), Halle (Saale) 2010, 791-806.

HOLDERMANN, C.-St., TROMMER, F. 2011: Organisation, Verfahrenstechniken und Arbeitsaufwand im spätbronzezeitlichen Metallhandwerk. In: A. Jockenhövel, U. Dietz (Hrsg.), Bronzen im Spannungsfeld zwischen praktischer Nutzung und symbolischer Bedeutung. Beiträge zum internationalen Kolloquium Münster 2008. Prähistorische Bronzefunde XX,13. Stuttgart 2011, 117-129.

HUNDT, H.-J. 1986: Zu einigen vorderasiatischen Schaftlochäxten und ihrem Einfluss auf den donauländischen Guß von Bronzeäxten. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 33, 1986, 131-157.

JANTZEN, D. 2008: Quellen zur Metallverarbeitung im Nordischen Kreis der Bronzezeit. Prähistorische Bronzefunde XIX, 2. Stuttgart 2008.

NEERGAARD, C. 1908: Haag-Fundet. Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie 1908, 273-352.

PARET, O. 1954: Ein Sammelfund von steinernen Bronzegussformen aus der späten Bronzezeit. Germania 32, 1954, 7-10.

SCHALK, E. 1992: Das Gräberfeld von Hernádkak. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 9. Bonn 1992.

URBON, B. 1959: Drei spätbronzezeitliche Gussformen aus Württemberg. Fundberichte aus Schwaben, N.F. 15, 1959, 116-119.

WYSS, R. 1967: Bronzezeitliche Gusstechnik. Bern 1967.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-12: APMT

Autoren

APMT

Frank Trommer, Patrick Geiger

Ulmer Str. 43

D-89143 Blaubeuren

Tiberius Bader

Max-Eyth-Str. 12

D-71282 Hemmingen

ISBN 978-3-9813625-7-2