

PBF XX, 13

(Dietz/Jockenhövel [Hrsg.])

# PRÄHISTORISCHE BRONZEFUNDE

Begründet von Hermann Müller-Karpe

Im Auftrag der  
Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz

und im Rahmen der  
Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques

herausgegeben von

ALBRECHT JOCKENHÖVEL

Westfälische Wilhelms-Universität  
Münster in Westfalen

und

UTE LUISE DIETZ

Goethe-Universität  
Frankfurt am Main



AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN UND DER LITERATUR, MAINZ

2011

# PRÄHISTORISCHE BRONZEFUNDE

ABTEILUNG XX · BAND 13

## Bronzen im Spannungsfeld zwischen praktischer Nutzung und symbolischer Bedeutung

Beiträge zum internationalen Kolloquium am 9. und 10. Oktober 2008 in Münster

herausgegeben von

UTE LUISE DIETZ

und

ALBRECHT JOCKENHÖVEL



FRANZ STEINER VERLAG STUTTGART

2011

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn,  
das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst, Wiesbaden,  
und das Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Schriftleitung:  
Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz  
Prähistorische Bronzefunde

Arbeitsstelle Frankfurt  
Institut für Archäologische Wissenschaften der Goethe-Universität  
Abteilung Vor- und Frühgeschichte  
Varrentrappstr. 40–42, 60486 Frankfurt a. M.

Arbeitsstelle Münster  
Historisches Seminar der Westfälischen Wilhelms-Universität  
Abteilung für Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie  
Robert-Koch-Str. 29, 48149 Münster

*Redaktion: Ute Luise Dietz, Monika zu Erbach, Kerstin Schierhold, Gisela Woltermann*  
*Zeichnungen: Koviļjka Zehr-Milić, Gaby Försterling, Renate Roling*  
*Satz: Ursula Eisenbauer*

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte  
bibliografische Daten sind im Internet über  
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

ISBN 978-3-515-#####-#

© 2011 by Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar.  
Dies gilt insbesondere für Übersetzung, Nachdruck, Mikroverfilmung oder vergleichbare Verfahren sowie  
für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier.  
Druck: Memminger MedienCentrum Druckerei und Verlags-AG

Printed in Germany

## VORWORT

Die Kampagne des Europarates „Die Bronzezeit: das erste goldene Zeitalter Europas“ der Jahre 1994–1997 beflügelte in vielen Ländern die Popularisierung dieser markanten Zeitperiode durch zahlreiche Veröffentlichungen und publikumswirksame Ausstellungen, die in der 25. Europaratsausstellung „Götter und Helden der Bronzezeit. Europa im Zeitalter des Odysseus“ (Nationalmuseum Kopenhagen; Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn; Galeries nationales du Grand Palais, Paris; Nationalmuseum Athen) (1999–2000) ihren Höhepunkt fanden. Die religiöse, soziale und wirtschaftliche Vernetzung der bronzezeitlichen Gesellschaften Europas wurde in diesen Ausstellungen, zeitgleich veranstalteten Tagungen und regionalen Publikationen verdeutlicht, wengleich auch Kritik an einem scheinbar modernistischen, von der europaorientierten Politik gewünschten Geschichtsbild nicht ausblieben.

Von der Bronzezeitforschung wird in den letzten Jahren sowohl für die gleichzeitigen vorderorientalischen Hochkulturen als auch für das prähistorische Europa zunehmend die Rolle der bronzenen Fundgattungen in ihren unterschiedlichen Fundkontexten untersucht. Waren in Alteuropa bis vor ca. 50 Jahren vor allem Deponierungsfunde und Grabfunde mit bronzenen Beigaben die Hauptquellen, welche Aufschluss über die soziale Stellung der Toten gaben, so kamen ab den 1950er Jahren vermehrt Siedlungen mit Bronzeobjekten hinzu, die vor allem in einem wirtschaftlichen Kontext ausgewertet wurden, wie das Auftreten oder Fehlen von Werkstätten („*workshops*“) oder von Metallobjekten in ihnen. Einen besonderen Schwerpunkt der letzten Jahrzehnte bildet die schwierige Interpretation der sog. Feuchtbodendeponierungen von Bronzen in Mooren, Flüssen oder Seen, die, wie auch ihre Entsprechungen vom festen Land, zumeist in kultischem Zusammenhang gesehen werden.

In diesem Kontext spielen bronzene Fertigobjekte in ihrem vielschichtigen Beziehungsgeflecht zwischen Rohstoffbeschaffung, Fertigung, Nutzung und Entäußerung eine zentrale Rolle. Durch Detailuntersuchungen zeigt sich immer deutlicher, dass diese Gegenstände in einem Gebrauchskontext stehen, der von ihrer praktischen Nutzung bis hin zu einer symbolischen Bedeutung reicht. Wurde letztere bisher zum Beispiel vor allem Prunkwaffen oder Edelmetallgefäßen zugesprochen, zeigen gerade auch Studien innerhalb des internationalen Corpuswerks „Prähistorische Bronzefunde“ (im Folgenden PBF), dass für fast alle Objektgattungen eine entsprechend weit gefasste Interpretation möglich ist.

Wenn nach langen Jahren der Unterbrechung wieder ein PBF-gestütztes Kolloquium veranstaltet wird, so steht es in der Tradition der vom Begründer des PBF-Unternehmens, Prof. Dr. Hermann Müller-Karpe, in den Jahren 1975–1978 am Institut für Vorgeschichte der Universität Frankfurt a. M. veranstalteten vier Kolloquien. An diese Veranstaltungen möchten wir mit dieser Tagung wieder anknüpfen, besonders nachdem mittlerweile über 165 PBF-Bände erschienen sind, in denen für unser Tagungsthema eine Fülle von relevanten Informationen vorliegt und genutzt werden kann.

Die Tagung hat das Ziel, geeignete Kriterien zu entwickeln und Merkmale zu definieren, die die Funktion von Metallobjekten, seien sie aus Kupfer, Bronze oder Edelmetall, in ihrem Spannungsfeld zwischen praktischem Nutzen und symbolischer Bedeutung beleuchten.

Die Konzeption der Tagung entstand aus vielen Gesprächen mit dem wissenschaftlichen Stab der PBF-Redaktion, vielen PBF-Autoren und mit dem Thema vertrauten Kolleginnen und Kollegen. Es

konnte daraus ein entsprechend gewichtetes Programm erstellt werden, das die Vielfalt des Zuganges zum Thema veranschaulicht.

Wir danken allen Referentinnen und Referenten für ihre Vorträge und freuen uns, dass diese bis auf wenige Ausnahmen im Tagungsband abgedruckt werden können. Dr. Wolfgang David (Manching), Dr. David Fontijn (Leiden), Dr. Michael Müller-Karpe (Mainz) und Prof. Dr. Stefan Wirth (Dijon) verzichten auf eine Drucklegung ihrer Vorträge, da sie zur gleichen Zeit an anderer Stelle Beiträge zur Thematik veröffentlichen. Zusätzlich wurde in Schriftfassung die in den Tagungspausen vorgeführte anschauliche Präsentation zur Herstellung von Bronzen durch Mag. Claus-Stephan Holdermann und Frank Trommer aufgenommen. Ihnen sei noch einmal an dieser Stelle gedankt, denn der Komplex Bronzetechnologie/Herstellung/Funktion ist grundlegend für die Beurteilung der komplexen Funktion von „Dingen“. Prof. Dr. Rüdiger Krause von der Goethe-Universität Frankfurt a. M., der Heimatinstitution der Frankfurter PBF-Arbeitsstelle, hielt den abendlichen öffentlichen Festvortrag über seine langjährigen Forschungen zu den wirtschaftlichen und sozialen Grundlagen der bronzezeitlichen Gesellschaft, wofür ihm gedankt sei.

Insgesamt nahmen an der zweitägigen Tagung ca. 60 Personen, darunter die 20 Referentinnen und Referenten, aus dem In- und Ausland (Großbritannien, Niederlande, Frankreich, Schweiz, Tschechische Republik, Österreich, Italien, Türkei) teil. Ihnen danken wir für ihr Kommen und ihre Beiträge in Form von Vorträgen und Diskussionsbeiträgen.

Die Tagung wurde von der PBF-Arbeitsstelle der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster ausgerichtet, wo sie seit der Berufung von Albrecht Jockenhövel im Jahre 1987 in der Abteilung für Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie des Historischen Seminars beheimatet ist. Nach der im Jahre 2002 erfolgten Überführung der „Prähistorischen Bronzefunde“ in das Akademienprogramm der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (unter dem Dach der Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Mainz) konnte in anderer Trägerschaft diese ertragreiche und kollegiale Kooperation mit der Universität Münster, ihrem Fachbereich Geschichte/Philosophie und ihrer Abteilung für Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie fortgeführt werden, wofür auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Zur Eröffnung der Tagung richtete Prof. Dr. Anthony Harding (Exeter), dem PBF-Unternehmen durch seinen PBF-Band „Die Schwerter im ehemaligen Jugoslawien“ (PBF IV, 14 [1995]) verbunden, als Präsident der European Association of Archaeologists (EAA) ein Grußwort an die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Er würdigte die internationale Vernetzung des PBF-Unternehmens seit seiner Gründung im Jahre 1965, seine wichtige Funktion im einst „geteilten“ Europa und seine nachhaltige Bedeutung für die europäische Bronzezeitforschung und wünschte weiterhin ein gutes Gedeihen.

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Michael Müller-Wille (Kiel) als Vorsitzender der Kommission für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie der Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz, welche seit 2002 die Betreuung des Forschungs- und Editionsprojektes „Prähistorische Bronzefunde“ übernommen hat, erinnerte in seinem Grußwort an die Entwicklung des PBF-Unternehmens, das vor mehr als vierzig Jahren von Hermann Müller-Karpe begründet wurde und dann seit 1985 von Albrecht Jockenhövel, ab 1987 zusammen mit Dr. Wolf Kubach sowie nach der Pensionierung von Wolf Kubach 2006 von Ute Luise Dietz und Albrecht Jockenhövel weitergeführt wird.

Dem Generalsekretär der Akademie der Wissenschaften und Literatur Mainz, Prof. Dr. Claudius Geisler, danken wir sehr herzlich für die große Unterstützung bei der Realisierung dieser Tagung.

Ute Luise Dietz  
Albrecht Jockenhövel

## TAGUNGSPROGRAMM

DONNERSTAG 9. OKTOBER 2008

*Anthony Harding* (European Association of Archaeologists [EAA], Exeter): Grußwort  
*Michael Müller-Wille* (Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz, Kiel): Grußwort  
*Albrecht Jockenhövel* (Münster): Einführung in die Thematik

### *Sektion 1: Der Beginn der Metallzeiten*

*Thomas Zimmermann* (Ankara): Frühe Metallobjekte zwischen westlichem Schwarzmeer und Taurusgebirge in kultischem und profanem Kontext – Neue Studien zu Rohstoffen, Technologie und sozialem Zeigerwert  
*Tobias Kienlin* (Bochum): Kupferzeitliche Waffen und Geräte – Aspekte der Herstellung und des sozialen Kontextes  
*Knut Rassmann* (Frankfurt a. M.): Frühbronzezeitliche Waffen – Technologie, Typologie, Waffen und Rang

### *Sektion 2: Materialeigenschaften und Funktion*

*Barbara Armbruster* (Toulouse): Gold und Bronze – Technologie, Ästhetik und Funktion  
*Harry Wüstemann* (Rostock): Zur Funktionsbeurteilung von Vollgriffschwertern aus der Sicht radio-graphischer Untersuchungen

### *Sektion 3: Fundgruppenspezifische Fragestellungen*

*Dirk Brandherm* (Bochum): Kamm- und Hörnerhelme – Ursprung, Verbreitung, symbolischer Gehalt  
*Marion Uckelmann* (Frankfurt a. M.): Jungbronzezeitliche Schilde – Nutzung und Bedeutung  
*Karl-Heinz Willroth* (Göttingen): Die Beile der älteren nordischen Bronzezeit  
*Ute Luise Dietz* (Frankfurt a. M.): Zäumungen – Material und Funktion  
*Sabine Pabst* (Marburg): Die großräumige Ausbreitung der Brillenfibeln am Übergang von der Bronze- zur Eisenzeit und ihre sozialen Hintergründe  
*Ulrike Wels-Weyrauch* (Frankfurt a. M.): Colliers – Nur zur Zierde?

### *Festvortrag*

*Rüdiger Krause* (Frankfurt a. M.): Woher kam das Kupfer der Bronzezeit? Bergbau und soziale Organisation der Metallurgie

FREITAG 10. OKTOBER 2008

*Sektion 4: Fundgruppen übergreifende Fragestellungen**David Fontijn (Leiden):* Bronzen als Merkmale einer Kulturlandschaft*Majolie Lenerz-de Wilde (Münster):* Bronzen als Wertträger*Wolfgang David (Manching):* Ornamentik auf Bronzen des Karpatenraumes*Stefan Wirth (Dijon):* Jungbronzezeitliche Symbolik auf Metallobjekten*Sektion 5: Fundkategorien**Alexandra Krenn-Leeb (Wien):* Zur Phänomenologie von frühbronzezeitlichen Bronzen aus Gräbern und Horten – Fallbeispiel Österreich*Frank Falkenstein (Würzburg):* Zur Struktur und Deutung frühurnenfelderzeitlicher Depotfunde im nordalpinen Raum*Sektion 6: Analogien**Michael Müller-Karpe (Mainz):* Prestigegüter im Vorderen Orient – Schriftquellen und Fundgruppen*Hans-Peter Hahn (Frankfurt a. M.):* Metallobjekte im ethnologischen Bereich

## INHALTSVERZEICHNIS

<i>Albrecht Jockenhövel</i> Bronzen im Spannungsfeld zwischen praktischer Nutzung und symbolischer Bedeutung – Einführung in das Thema des Kolloquiums .....	I
<i>Barbara Regine Armbruster</i> Gold der Bronzezeit – Technologie, Ästhetik und Funktion .....	19
<i>Dirk Brandherm</i> Bronzezeitliche Kamm- und Hörnerhelme – Überlegungen zu Ursprung, Verbreitung und symbolischem Gehalt .....	39
<i>Ute Luise Dietz</i> Zäumungen – Material und Funktion .....	55
<i>Frank Falkenstein</i> Zu Struktur und Deutung älterurnenfelderzeitlicher Hortfunde im nordalpinen Raum .....	71
<i>Hans Peter Hahn</i> Ethnologische Perspektiven auf Metallobjekte – Interpretationen, Analogien und Mehrdeutigkeiten .....	107
<i>Claus-Stephan Holdermann / Frank Trommer</i> Organisation, Verfahrenstechniken und Arbeitsaufwand im spätbronzezeitlichen Metallhandwerk .....	117
<i>Tobias L. Kienlin</i> Kupferzeitliche Waffen und Geräte – Aspekte der Herstellung und des sozialen Kontextes .....	131
<i>Alexandra Krenn-Leeb</i> Von der Phänomenologie zur Mentalitätsgeschichte am Beispiel ritueller Praktiken in der Frühbronzezeit .....	163
<i>Majolie Lenerz-de Wilde</i> Neue Ringbarrenhorte – Bronzen als Wertträger (prämonetäre Zahlungsmittel) .....	177
<i>Sabine Pabst</i> Die großräumige Ausbreitung der Brillenfibeln am Übergang von der Bronze- zur Eisenzeit – Kommunikationswege und soziale Hintergründe .....	199
<i>Knut Rassmann</i> Frühbronzezeitliche Stab- und Vollgriffdolche – Typologie und Technologie .....	235
<i>Marion Uckelmann</i> Jungbronzezeitliche Schilde – Nutzung und Bedeutung .....	249

*Ulrike Wels-Weyrauch*

Colliers – Nur zur Zierde? ..... 259

*Karl-Heinz Willroth*

Die Beile der älteren nordischen Bronzezeit – Ein Arbeitsbericht ..... 279

*Harry Wüstemann*

Zur Funktionsbeurteilung von Vollgriffschwertern aus der Sicht radiografischer Untersuchungen .. 291

*Thomas Zimmermann*

Frühe Metallobjekte zwischen westlichem Schwarzmeer und Taurusgebirge in kultischem  
und profanem Kontext – Neue Studien zu Rohstoffen, Technologie und sozialem Zeigerwert ..... 297

*Verzeichnisse*

Zeitschriften ..... 317

Reihen, Sammelwerke und Lexika ..... 321

Autorenverzeichnis ..... 323

# ORGANISATION, VERFAHRENSTECHNIKEN UND ARBEITSAUFWAND IM SPÄTBRONZEZEITLICHEN METALLHANDWERK

*Claus-Stephan Holdermann / Frank Trommer*

## *Einleitung*

Untersuchungen über das bronzezeitliche Metallhandwerk sind seit geraumer Zeit ein fester Bestandteil der prähistorischen Archäologie. Soll hierbei versucht werden Organisationsabläufe, Verfahrenstechniken und Produktionsprozesse in ihrer gesamten Tiefe zu erfassen, müssen über den statischen archäologischen Bodenfund hinaus dynamische Prozessabläufe behandelt werden. Nur auf diesem Wege können Hypothesen und Modelle zielführend hinterfragt werden.

Die Verfasser beschäftigen sich intensiv mit prähistorischen und mittelalterlichen Bronzeguss- und Bronzeverarbeitungstechniken, mit Prozessen der Herstellung von Bronzeerzeugnissen sowie deren Verwendung in der handwerklichen Praxis. Die Basis hierfür liefern archäologische Funde und Befunde, die möglichst eindeutige Informationen über technologische Verfahrensweisen liefern können. Unsere im Rahmen von Versuchsreihen entwickelten prähistorischen Prozessmodelle beinhalten u. a. folgende Teilaspekte des Bronzehandwerks: Schmelzen der Metalle Kupfer und Zinn, systematisches Legieren dieser beiden Metalle für ein gezieltes und funktionsorientiertes Einsetzen des Werkstoffes Bronze, Gießen in Stein- und Bronzeformen sowie im Wachsausschmelzverfahren,<sup>1</sup> Dehnen und Strecken der Bronzeobjekte, kalt schmiedend Verdichten, Anbringen von Motiven mittels Tauschierplattierung, Gravierung und Punzierung, Durchlochung sowie Oberflächenbehandlung durch Schleifen und Polieren.

Die hier behandelten Organisations- und Produktionsabläufe basieren auf Erfahrungen, welche die Verfasser im Laufe der Jahre mit prähistorischen Bronzebearbeitungstechniken gesammelt haben. Da in diesem Rahmen nicht alle oben aufgelisteten Teilaspekte dargestellt werden können, sei exemplarisch auf Produktionsschritte zurückgegriffen, die in einem Fertigungsmodell bei der Herstellung eines spätbronzezeitlichen Griffangelmessers anfallen.<sup>2</sup> Eine ausführliche Darstellung der oben aufgelisteten Teilaspekte soll an anderer Stelle erscheinen.<sup>3</sup> Des Weiteren sei auf eine detaillierte Erläuterung der immer noch äußerst lückenreichen archäologischen Datenbasis bezüglich des bronzezeitlichen Metallhandwerks verzichtet, da diese nicht den primären Gegenstand dieser Abhandlung darstellt.

Der hier behandelte Produktionsverlauf umfasst folgende Arbeitsschritte: (1) Schmelzen der Bronze, (2) Gießen der Rohform, (3) Abschroten und Entgraten der Rohform, (4) Ausschmieden des Schneiden- und Angelbereichs (Strecken, kalt schmiedend Verdichten), (5) Einmeißeln der Schäftungshilfe im Griffangelbereich, (6) Schleifen und Polieren der Oberfläche, (7) Verzieren durch Punzieren, (8) abschließendes Polieren und (9) Schärfen des Schneidenbereichs.

---

<sup>1</sup> Die Verfasser sind der Meinung, dass derzeit keine sicheren prähistorischen Indizien für das Gießen in Formsand existieren. Aus diesen Gründen führen wir das Verfahren im hier behandelten Kontext nicht an (vgl. Goldmann 1981, 109–116; ders. 1985, 52–58).

<sup>2</sup> Hierbei orientierten sich die Verfasser an spätbronzezeitlichen Funden aus der Schweiz (Ruoff 1971, 74 f. Abb. 5).

<sup>3</sup> Holdermann/Trommer (in Vorber.); weiterführend: Holdermann/Trommer (im Druck).

	Material	Bedarf	Verfügbarkeit	Beschaffung
Ofen	Lehm, Magerung	35 kg	geringe lokale Abhängigkeit	unproblematisch
Gussform	Stein (18 x 6 x 8 cm)	≥ 2,2 kg	lokale Abhängigkeit	logistisch aufwendig
Gusstiegel	Lehm, Magerung	1 kg	geringe lokale Abhängigkeit	unproblematisch
Zange	Holz, Rohhaut	–	allgemein zugänglich	unproblematisch
Befuerung	Holzkohle	3–4 kg	allgemein zugänglich	unproblematisch
Gusspeise	Bronze: Kupfer, Zinn	0,1 kg pro Rohguss	lokale Abhängigkeit	logistisch aufwendig

Abb. 1. Geschätzter Organisationsaufwand bei ausgewählten Rohstoffen

Hierneben werden im Zuge der Erörterungen verschiedene Organisationsvorgänge und gussvorbereitende Prozesse angeschnitten. Die Verfasser vertreten die Auffassung, dass die überlieferten Funde und Befunde aus dem Kontext des bronzezeitlichen Metallhandwerks eine Spezialisierung auf diesen Fertigungsbereich belegen. Die Produktion selbst eines einfachen Objektes, wie ihn die hier behandelte Messerklinge darstellt, erfordert eine detaillierte Materialkenntnis verschiedener Bronzelegierungen, ihrer unterschiedlichen Schmelzgrade und Materialeigenschaften. Daneben sind weitere Kenntnisse vorauszusetzen, z. B. zu den Prozessen des Härtens durch kaltes Überschmieden sowie zum Punzieren. Über dieses Wissen und die entsprechenden handwerklichen Fähigkeiten musste mindestens eine der am Gesamtprozess beteiligten Personen verfügt haben.

### Gussvorbereitung

Zu den gussvorbereitenden Tätigkeiten zählen die Verfasser die Organisation der Rohmaterialien und den Bau von Ofen, Gussform, Schmelztiegel und Holzzangen. Daneben müssen für die Durchführung unseres Fertigungsmodells diverse Hölzer, z. B. als Gusstiegeldeckel, Holzkohlen für die Befuerung des Ofens sowie Feuerholz für das Ausglühen des Messerrohrlings organisiert werden.<sup>4</sup> Die hierfür benötigten Rohmaterialien dürften auch in der Bronzezeit allgemein zugänglich und somit unproblematisch zu beschaffen gewesen sein (Abb. 1).

Lehm und Magerungsmittel werden für den Aufbau des Schmelzofens und der Tiegel benötigt. Ihre Lagerstätten sind nicht allgemein zugänglich bzw. geeignete Materialien geografisch nicht gleichmäßig verteilt. Hier besteht eine geringe lokale Abhängigkeit von diesen Rohstoffen (Abb. 1). Die Verfasser gehen davon aus, dass der Standort einer bronzezeitlichen Gießwerkstatt diesen Bedarf berücksichtigte um „wenig wertvolle“ Rohmaterialien (z. B. Lehm für einen Ofen) nicht über weitere Strecken transportieren zu müssen.

Logistisch vielschichtiger war die Versorgung mit den Metallen und mit geeignetem Rohmaterial für die in diesem Kontext verwendeten steinernen Gussformen (Abb. 1). Die Lagerstätten dieser Produktionsmittel sind geografisch begrenzt und ihre Förderungs- bzw. Verhüttungsvorgänge aufwendig. Dass bronzezeitliche Werkstätten in ein weitreichendes Kommunikations- und Versorgungsnetz eingebunden gewesen sein müssen, ergibt sich alleine aus der geografischen Verteilung der Erzlagerstätten, aus denen die benötigten Metalle Zinn und Kupfer stammten. Gerade für diese beiden Materialien dürfte der organisatorische Aufwand in erster Linie an politische Abhängigkeiten gekoppelt gewesen sein. Somit ist anzunehmen, dass analog zu den heutigen Lebensumständen zu unterschiedlichen

<sup>4</sup> Letzteres kann auch Ressourcen sparend während eines weiteren Gusses im Schmelzofen geschehen.



1



2

Abb. 2. Rekonstruierte Bronzeschmelzöfen. 1 Bronzeschmelzofen mit zwei Belüftungssystemen nach antikem Vorbild; 2 Schmelzofensystem mit Knickdüse und Schlauchblasebalgen. – (Fotos: C.-St. Holdermann / F. Trommer).

Zeiten unterschiedliche Bedingungen bestanden. Eine wesentliche Rolle spielte hierbei, ganz entsprechend der heutigen Situation, die Verkehrslage,<sup>5</sup> in welcher sich eine Werkstatt oder ein Werkplatz befand. Auch für die Modellvorstellungen von mobilen Werkstätten oder saisonal mobilen Werkstätten treffen die in diesem Rahmen nur skizzierten Abhängigkeiten für metallische Werkstoffe zu.

Metall konnte in jeder Größe und Form bezogen werden, wobei es keine Rolle spielte, ob neu legiertes Material oder Altware von bekannter Zusammensetzung eingeschmolzen wurde. Letztendlich musste die benötigte Masse der Gusschmelze in der erforderlichen Qualität vorliegen. Anders verhält es sich mit dem hier verwendeten steinernen Formenmaterial, dessen Maße und Form in einem direkten Bezug zum zu gießenden Objekt stehen und welches in Abhängigkeit hiervon zu organisieren war.<sup>6</sup> Der Transport dieses in der Regel zerbrechlichen Rohmaterials erzwang einen deutlich höheren logistischen Aufwand als der Transport des benötigten Metalls.

Die Autoren verwenden in der Regel einfache schüsselförmige Lehmöfen von etwa 50 cm Länge, 40 cm Breite und 30 cm Höhe, mit auf Bodenniveau angebrachten Belüftungsöffnungen (Abb. 2, 1). Hierbei orientierten sie sich an einer ägyptischen Grabreliefdarstellung des 15. Jh. v. Chr.<sup>7</sup> Bereits an anderer Stelle wurde darauf hingewiesen, dass nach dem Auflassen eines derartigen Schmelzofens nur seine verschlackten Bereiche den Witterungsbedingungen standhalten.<sup>8</sup> Die Überlieferungschancen eines bronzezeitlichen Schmelzofens der oben skizzierten Bauart, noch dazu in einem interpretierbaren Erhaltungszustand, sind äußerst gering. Dennoch fand unser in vielen experimentellen Schritten entwickelter Ofenaufbau im Nachhinein seine Bestätigung durch den Vergleich mit Ofenfragmenten, welche uns freundlicherweise im Naturhistorischen Museum in Wien zugänglich gemacht wurden.<sup>9</sup>

Aufgrund eigener Erfahrungen gehen die Verfasser davon aus, dass die nicht durchgeglühten Bereiche eines derartigen prähistorischen Ofens beim Bau neuer Schmelzanlagen recycelt bzw. gebrannte Zonen als Schamott-Zusatz für Gussformen und Gusstiegel verwendet wurden. Diese Vorgehensweise ist nicht nur ökonomisch, sondern im letzteren Fall auch technologisch sinnvoll.<sup>10</sup> Um für den dargestellten Schmelzofen ein Lehm-Magerungsmittel-Gemisch mit der benötigten Masse von ca. 35 kg auf-

<sup>5</sup> Holdermann (in Vorber.).

<sup>6</sup> So z. B. Paret 1952–54, 35–39.

<sup>7</sup> z. B. Sonnenschein 1985, 12; Holdermann/Trommer (im Druck) Abb. 1.

<sup>8</sup> Fasnacht 1991, 3 f.

<sup>9</sup> Hierfür möchten wir uns herzlich bei Herrn Dr. A. Kern und Herrn H. Reschreiter, beide Prähist. Abt. des Naturhistorischen Museums Wien, bedanken.

<sup>10</sup> Holdermann/Trommer (in Vorber.).

	Tätigkeiten	Material	Bedarf (kg)	Arbeitszeit (h)
Bau des Ofens	Aufbereitung des Lehm-Magerungsgemisches; Aufbau des Ofens	Lehm, Magerung	3,5	4
Herstellung der Funktionsfähigkeit des Ofens	Verbindung des Belüftungssystems mit dem Ofen	–	–	0,5
Bau der Gussform (a oder b)	(a) Spalten, Picken, Glätten und Ausarbeiten der Gussform	Stein	2,2	4
	(b) Aufsägen, Glätten und Ausarbeiten der Gussform			3,5
Bau des Tiegels	Aufbereitung des Lehm-Magerungsgemisches; Aufbau und Brennen des Tiegels	Lehm, Magerung	1	1
Bau der Zange	Spalten des Rohlings; Schneiden eines Riemens; Verknoten	Holz, Rohhaut	–	1
Gesamtarbeitszeit				a: 10,5 b: 10,0

Abb. 3. Arbeitsaufwand bei gussvorbereitenden Tätigkeiten (ohne Anfertigung der Bronzewerkzeuge)

zubereiten, werden etwa drei Personenarbeitsstunden benötigt. Hierauf folgt das Aufbauen des Ofens, welches ca. eine Personenarbeitsstunde in Anspruch nimmt (Abb. 3).

Ein Belüftungssystem mit Knickdüsen (Abb. 2, 2), wie sie aus verschiedenen früh- und spätbronzezeitlichen Fundzusammenhängen belegt sind,<sup>11</sup> wurde bereits an anderer Stelle behandelt.<sup>12</sup> Für unsere Prozessanalysen verzichten wir in der Regel auf den Einsatz eines Schlauchgebläses (Abb. 2, 2); weiterhin ersetzen wir das am Boden liegende Topfgebläse der oben genannten ägyptischen Darstellung aus Gründen der Durchführbarkeit – es steht zur Bedienung des Gebläses in der Regel nur eine Person zur Verfügung – durch zwei Belüftungssysteme nach antikem Vorbild (Abb. 2, 1),<sup>13</sup> mit dem bei maximalem Auszug ein Luftfassungsvermögen von etwa 22,5 l pro Balg erreicht wird. Der Aufbau, eingeschlossen die Verbindung dieses Belüftungssystems mit dem Ofen, nimmt etwa 0,5 h in Anspruch (Abb. 3).

Bei dem verwendeten Brennmaterial steht für uns die optimale Ausnutzung der verfügbaren Energieressourcen im Vordergrund. Auch wenn in Versuchsreihen bereits das Schmelzen von Bronze mit Feuerholz bei Temperaturen von 1170 °C gelungen ist,<sup>14</sup> verwenden wir bei unseren Versuchsreihen ausschließlich Holzkohlen. Hierbei gehen wir davon aus, dass der höhere Brennwert der Holzkohle bekannt war. Diese Kohlen wären in der Bronzezeit entweder durch wiederholtes Auslesen aus erloschenen Feuerstellen oder durch spezielle Köhlerarbeiten zu beschaffen gewesen sein. Gezieltes Experimentieren mit Holzkohlen verschiedener Baumarten und unterschiedlicher Größen führte zu einer Optimierung des oben beschriebenen Ofensystems. Hierbei erwies sich Buchenholzkohle mit einer Stückgröße von 4–6 cm als besonders geeignet, da sie die Parameter „Luftzirkulation“ und „Temperaturkonzentration“, welche den Wirkungsgrad maßgeblich bestimmen, in das beste Verhältnis setzt. Um eine gussfähige Bronzespeise von etwa 0,1 kg Masse zu erzielen, wie sie für den hier behandelten Guss benötigt wird, verbrauchen wir etwa 3–4 kg dieser Buchenholzkohle (Abb. 1). Hervorzuheben

<sup>11</sup> Vgl. z. B. Roden 1988, 73; Leineweber/Wunderlich 2001, 200 f.; Heilmann/Schunke 2004, 113.

<sup>12</sup> Giese u. a. 2002, 94.

<sup>13</sup> Zimmer 1990, 150 Taf. 13, b.

<sup>14</sup> Fasnacht 1991, 5.

bleibt in diesem Zusammenhang, dass sich dieser Wert ausschließlich auf Schmelzprozesse bezieht, die in einem gut ausgetrockneten Ofen durchgeführt werden.<sup>15</sup>

Bereits die kupferzeitlichen Schmelztiegel der Pfyn-Kultur weisen verhältnismäßig große Volumina auf.<sup>16</sup> Unsere Versuche konnten zeigen, dass das Volumen eines derartigen Schmelztiegels nicht komplett ausgenutzt werden kann, da ein sicheres Ausgießen des randvollen Tiegels nicht möglich ist bzw. seine Handhabung mit einfachen Werkzeugen, z. B. Holzzangen und/oder Holzgriffen, dies nicht zulässt. Schmelz- und Gießversuche verdeutlichten, dass Gusstiegel maximal bis etwa zu drei Vierteln ihrer Höhe gefüllt werden sollten.<sup>17</sup> Der von uns für die hier benötigte kleine Gusspeisenmasse verwendete Schmelztiegel weist ein Volumen von 140 cm<sup>3</sup> auf. Er wird aus etwa 1 kg Lehm-Magerungsgemisch hergestellt (Abb. 1).

Die Tiegelform scheint beim prähistorischen Bronzeguss keinen bestimmenden Faktor dargestellt zu haben. So differenziert z. B. J. Waldhauser für Böhmen und Mähren fünf Tiegeltypen, die er für den Zeitraum Ha D – Lt D1 eher chronologisch als funktional interpretiert,<sup>18</sup> eine Deutung, die sich mit unseren Erfahrungen in der praktischen Anwendung decken würde.<sup>19</sup> Für das Aufbauen eines Gusstiegels mit Materialvorbereitung und Ausformen des Tiegels ist knapp eine Personenarbeitsstunde zu veranschlagen. Der Bau einer Holzzange zur Handhabung des Gusstiegels erfordert wiederum etwa eine Personenarbeitsstunde (Abb. 3).

Mittig verlaufende Gussnähte an Bronzefunden der frühen Bronzezeit belegen, dass die Technologie des Kokillengusses bereits in dieser frühen Phase der Metallverarbeitung bekannt war. Beim Kokillenguss werden zwei Formhälften mit aufeinander passenden Negativhälften verwendet.<sup>20</sup> Daneben fand auch der einseitige Kokillenguss Verwendung, bei dem das Negativ nur in eine Formhälfte gearbeitet ist und die zweite Hälfte plan verbleibt. Bei beiden Verfahrensweisen wird das flüssige Metall in die aufrecht stehende Kokille gegossen.<sup>21</sup> Die beschriebenen Kokillentechniken haben nach unserer Erfahrung den Vorteil, dass größere Lunker in der Regel im abzutrennenden oberen Eingussbereich des Gusszapfens liegen,<sup>22</sup> im deutlichen Unterschied zum Verfahren des verdeckten Herdgusses, bei dem das Negativ in nur eine Formhälfte eingearbeitet ist und mit der anderen Formhälfte, die glatt verbleibt, nach dem Guss abgedeckt oder abgezogen wird. Hierbei treten Lunker ungleichmäßig verteilt im gesamten Bronzeobjekt auf.

Gegenüber dem oft unreflektiert angenommenen Guss in einer offenen Form (offener Herdguss), bei welchem die Gusspeise in eine Form gegossen wird, welche nicht abgedeckt worden sein soll, liegt ein weiterer und entscheidender Vorteil der Kokillentechnik darin, dass glatte Oberflächen ohne störende Oxydschichten entstehen. In offenen Formen bildet sich an der dem Sauerstoff ausgesetzten Seite des Gusses eine Oxydschicht mit rauer „milchhautartiger“ Oberfläche.<sup>23</sup> Diese Oxydschicht kann deutliche Fehlstellen und Unreinheiten hervorrufen, wenn sie in ein Werkstück hineingearbeitet würde. Aus diesem Grunde müsste sie vor einem Ausschmieden oder Verzieren entfernt werden, was einen unnötigen zusätzlichen Arbeitsaufwand durch Schleifen bedeutete.

Daneben bleibt zu erwähnen, dass Gussbronzewerkstücke beim Erkalten der Gusspeise aufgrund des Volumenverlustes des abkühlenden Metalls eine primär nach unten, in die Form gerichtete Wölbungstendenz entwickeln. Beim Gussverfahren in einer liegenden offenen Form – ebenso wie bei der Ferti-

<sup>15</sup> In der Regel werden von uns größere Massen aufgeschmolzen, um mit einem Schmelzprozess zwei Formen auszugießen. Die in dem dargestellten Ofensystem bisher maximale geschmolzene Bronzemasse (8 % Zinnanteil) liegt etwa bei 4 kg.

<sup>16</sup> 125 cm<sup>3</sup> (Schreckensee, Kr. Ravensburg); 135 cm<sup>3</sup> (Bodmann, Kr. Konstanz); Schlichterle/Rottländer 1982, 69.

<sup>17</sup> Holdermann/Trommer (in Vorber.).

<sup>18</sup> Waldhauser 1986, 202 f.

<sup>19</sup> Holdermann/Trommer (in Vorber.).

<sup>20</sup> Velten 1941, 48; Jockenhövel 1994, 38.

<sup>21</sup> Holdermann/Trommer (2010) Abb. 3, a.

<sup>22</sup> Dasselbe gilt auch für den Guss in der verlorenen Form.

<sup>23</sup> Ebd. Abb. 4.

gung in einer gedeckten offenen Form – zieht sich infolgedessen das Werkstück an der oben liegenden Fläche deutlich ein. Dieser Volumenverlust verläuft im aufrecht stehenden Kokillenguss innerhalb des Eingussbereichs und nicht im eigentlichen Zielprodukt. Er verursacht somit keinen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Aus all diesen Gründen erscheint uns zur Fertigung unseres Messerrohlings ausschließlich die Anwendung des technologischen Konzepts des Kokillengusses plausibel, insbesondere da der archäologische Kontext diesen auch durch zahlreiche Formen und Funde mit Gussnähten belegt.

Gussformen aus Sandstein, Speckstein, Glimmerschiefer und anderen Gesteinen sind in Europa nachweislich vom ausgehenden Neolithikum an bis in die historischen Perioden benutzt worden.<sup>24</sup> Erfahrungsgemäß sollte die Beständigkeit des Gussformenmaterials, insbesondere für Fertigungsprozesse von reinen Gebrauchsgegenständen („Massenprodukten“), ein maßgeblicher Faktor bei der Auswahl des Materials sein.<sup>25</sup> Ihm gegenüber spielt der Arbeitsaufwand, welcher für die Herstellung der gewünschten Form nötig ist, eine eher untergeordnete Rolle, allerdings unter der Voraussetzung, dass durch das ausgesuchte Formenmaterial eine bestimmte Gussleistung und Produktqualität gewährleistet ist. Insbesondere die in diesem Formenmaterial beim Rohstück erzeugte Oberflächenbeschaffenheit steuert in der Folge den Aufwand der weiteren Bearbeitungsschritte. Raue und unebene Oberflächen bedeuten einen höheren Arbeitsaufwand. Auf diesen Überlegungen aufbauend verwenden wir für unsere Formen Varietäten spezieller Speck- oder Sandsteine; diese Materialien fanden nachweislich auch im prähistorischen und antiken Metallhandwerk Verwendung.<sup>26</sup> Diese Materialien sind besonders standfest und gewährleisten in der Regel plane Oberflächen. Das „Aufsägen“ des Formenrohmaterials mit einer „Bronzesäge“ und anschließendem Planschleifen der Innenseiten (1,5 h) bzw. wahlweise das Brechen, Picken und Planschleifen des Formenrohmaterials (2 h) sowie das zweiseitige Ausarbeiten des Formennegativs (2 x 40 min) mit Anlage der vier Bohrungen für die zwei Fixierstifte (45 min) erfordern unter ausschließlicher Verwendung bronzzeitlicher Werkzeuge (8 % Zinnbronze) (Abb. 4, 1 a–e) sowie weiterer natürlicher Hilfsmittel (z. B. Sandstein als Schleifmittel) etwa 3,5 bzw. 4 Personenarbeitsstunden (Abb. 3).<sup>27</sup> Bei der Verwendung von Speckstein wird hierbei eine Form mit einer Masse von etwa 2,2 kg hergestellt (Abb. 1). Insgesamt benötigen somit die gussvorbereitenden Tätigkeiten unter Verwendung einer steinernen Gussform (Abb. 6, 1) etwa 10,5 bzw. 10 Personenarbeitsstunden (Abb. 3).

Befunde aus der späten Bronzezeit belegen, dass der „Werkzeugkasten“ eines Metallhandwerkers generell bestimmte Werkzeuge enthielt, die somit nicht extra für alltägliche Produktionsvorgänge angefertigt werden mussten. Hierzu gehören in erster Linie Hämmer, Amboss, Punzen, Meißel und wohl auch ein bisher nicht sicher nachgewiesenes Blasebalgsystem (z. B. mit Knickdüse, s. o.). Daneben mussten aber den Anforderungen entsprechend auch Produktionsmittel gefertigt,<sup>28</sup> umgearbeitet bzw. zusätzlich organisiert werden.

Nach Erfahrung der Verfasser mussten die Werkzeuge eines bronzzeitlichen Metallhandwerkers so gestaltet sein, dass eine direkte Impulsübertragung vom Werkzeug zum bearbeiteten Werkstück, ohne dämpfendes Zwischenstück, gewährleistet ist.<sup>29</sup> Nur so stehen bei der Bronzearbeitung der erforderliche Kraftaufwand und die sichere Führung des Geräts in einem funktionalen Verhältnis. Werkzeuge

<sup>24</sup> z. B. Drescher 1962, 817–820; ders. 1973, 48–62; Resi 1979, 58–67; Bočkarov/Leskov 1980; Born/Hansen 2001, 225 Abb. 167; Sölder 2005, 19.

<sup>25</sup> Holdermann/Trommer (im Druck).

<sup>26</sup> z. B. Paret 1952–54, 35–39; Bočkarov/Leskov 1980, 6; Jantzen 1980, 124 ff.; Fasnacht, 1991, 6.

<sup>27</sup> Etwa drei Personenarbeitsstunden dauert es, um für das Wächsausschmelzverfahren aus einem Lehm-Magerungsmittel-Gemisch eine entsprechende Form für den Guss in einer

verlorenen Form anzulegen, wobei der geringe zusätzliche Arbeitsaufwand beim Trocknen und Brennen der Form nicht berücksichtigt wird.

<sup>28</sup> Hierunter fallen insbesondere die Bronzepunzen und Bronzestichel die einem großen Verschleiß unterliegen (Holdermann/Trommer [im Druck]).

<sup>29</sup> Vgl. z. B. den Depotfund von Crévic, Dép. Meurthe-et-Moselle, Frankreich: Wiegmann 1997, 122.

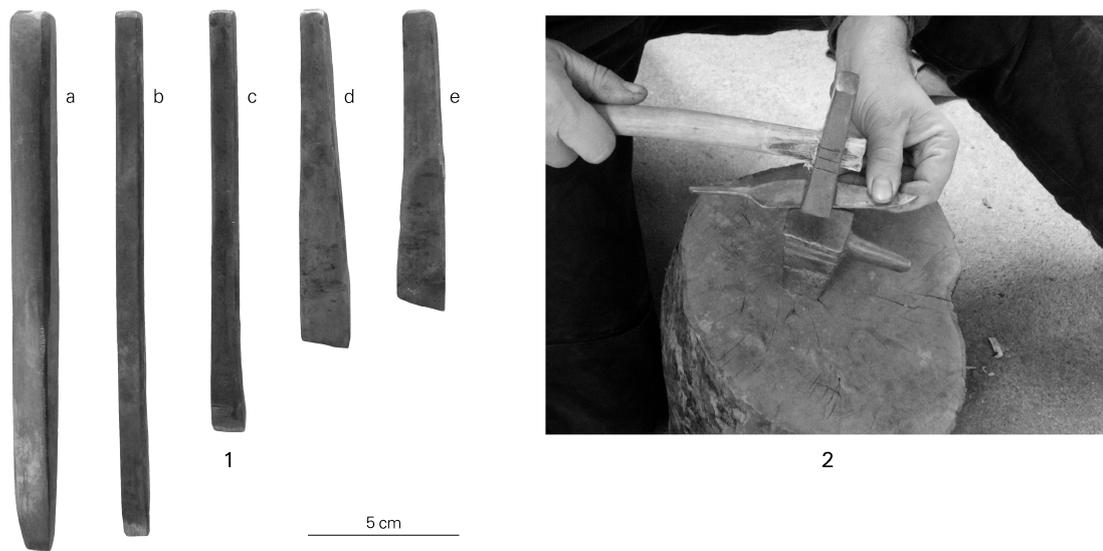


Abb. 4. Schmiedewerkzeuge. 1 Bronzewerkzeuge zum Fertigen der steinernen Gussform sowie zum Abschroten des Gusszapfens: a Bronzemeißel (15 % Zinn), b, c Bronzemeißel (8 % Zinn), d, e Bronzestichel (8 % Zinn); 2 Ausschmiedeprozess mit Bronzehammer auf Bronzeamboss. – (Fotos: C.-St. Holdermann / F. Trommer).

mit Randleisten, Tüllen o. ä. Hinweise auf Schäftungen sind außerhalb der Metallbearbeitung benutzt worden, z. B. als Beitel in der Holzverarbeitung. Wenn wir uns vorstellen, dass es spezialisierte Metallhandwerker gab, ist auch die Annahme gerechtfertigt, dass Werkstätten existierten, die ausschließlich Holz verarbeiteten. Die in diesem Kontext verwendeten Werkzeuge wurden häufig benötigt, nicht so schnell abgearbeitet und wahrscheinlich nicht direkt im „Betrieb“ recycelt. Die Wahrscheinlichkeit einer Deponierung bzw. Überlieferung im allgemeinen archäologischen Kontext sollte somit für diese Werkzeuge wesentlich höher sein als für die eines Metallhandwerkers, welche direkt nach ihrem Verschleiß vor Ort recycelt werden konnten. Dieses erklärt nach Ansicht der Verfasser den hohen Anteil von Werkzeugen mit Schäftungshilfen im archäologischen Fundniederschlag, die nicht, wie wiederholt geschehen, aufgrund einer ungefähren typologischen Entsprechung unreflektiert dem Metallhandwerk zugeordnet werden sollten.

Darüber hinaus ist anzunehmen, dass die Werkzeuge eines Metallhandwerkers, abgesehen von Hämmern und Ambossen, auch schwer als Produktionsmittel aus metallhandwerklichen Zusammenhängen zu identifizieren sind. Genau genommen ist eine sichere Aussage erst nach metallurgischen Untersuchungen und dem Nachweis einer ausreichenden werkzeugtechnischen Materialeignung möglich. Hierbei sollten ein erhöhter Zinnanteil und eventuell eine Härtung der Arbeitsbereiche dieser Werkzeuge durch kaltes Überschmieden nachgewiesen werden, um die funktionale Deutung eines archäologischen Fundobjekts als schneidendes, Span abhebendes oder verdrängendes Werkzeug (Punze) zu untermauern.

Aus der späten Bronzezeit sind eindeutige Ambosse, Hämmer, Meißel, Stichel und Punzen überliefert.<sup>30</sup> Depots wie der Befund von G nelard, D p. Saône-et-Loire, Frankreich,<sup>31</sup> und Einzelfunde belegen für diese Phase der Bronzezeit eine Vielzahl an speziellen Werkzeugen, darunter auch ein Amboss aus der Schweiz, Wollishofen, Kt. Zürich,<sup>32</sup> den die Verfasser als Vorbild für ihren Bronzeamboss (8 %

<sup>30</sup> z. B. Ohlhaver 1939, 103–111 Taf. 1–6; Jockenhövel 1986, 566 Abb. 1, 4–5; Born/Hansen 2001, 229 Abb. 174, 175.

<sup>31</sup> Mohen 1988, 37.

<sup>32</sup> Ohlhaver 1939, Taf. 4 oben.

	Tätigkeiten	Arbeitszeit (Min.)
Vorheizen des Ofens	Auffüllen mit Holzkohle; Anfeuern	ca. 45–60 Dauer (keine Arbeitszeit)
Vorbereiten der Steinform	Präparieren der Form: Vorwärmen, Einrußen, Zusammensetzen	ca. 15
Hochfahren der Temperatur in Tiegel und Gusspeise	Belüftung des Ofens (1 Pers.) und Tiegel- betreuung (1 Pers.) nach antikem System	15 pro Person
Guss des Klingenrohlings	Entnahme des Tiegels und Gusses (2 Pers.)	< 1
Gesamtarbeitszeit		ca. 45

Abb. 5. Arbeitsaufwand beim Guss einer Messerklinge (Masse der Gusspeise: 0,1 kg)

Zinnbronze) auswählten (Abb. 4, 2). Unter Bezugnahme auf seine eigenen Versuchsreihen schlug H. Drescher zur Anfertigung von Punzen Bronzen mit einem Zinngehalt von 6–15 % vor, deren Schneiden durch Hämmern gehärtet und dann nachgeschliffen wurden.<sup>33</sup> Die Bandbreite der Mischungsverhältnisse unserer Punzen-, Stichel- und Meißelbronzen (z. B. Abb. 4, 1 a–e) liegt in der Regel bei 8–17 % Zinn und 83–92 % Kupfer. Unterschreiten wir beim zugefügten Zinn diesen Varianzbereich, verlieren die Schneiden der oben genannten Werkzeuge sehr schnell an Standzeit, überschreiten wir ihn, werden die Schneidbereiche deutlich spröder. Dieses erhöht wiederum die Gefahr eines ausbrechenden Schneidbereichs.

Die Verwendung reiner Zinnbronzen mit einem Zinngehalt von über 8–15 % ist nicht unproblematisch. Diese Bronzen neigen bei ihrem Erstarren zu starken Seigerungserscheinungen.<sup>34</sup> Um diesen Zustand wieder auszugleichen, d. h. eine erneute „Homogenisierung“ der Bronzelegierung herbeizuführen, müssen Werkstücke, die einer starken Kaltumformung unterliegen, über einen gewissen Zeitraum Temperaturen über 550 °C ausgesetzt werden. Hierdurch wird ein gleichmäßigeres Gefüge der Substitutionsmischkristalle erreicht. Die Werkstoffeigenschaften werden optimiert. Ohne diesen Prozess neigen Bronzen mit starken Seigerungen bei der notwendigen Kaltverfestigung (s. u.) oder spätestens bei ihrer Verwendung verstärkt zum Bruch.<sup>35</sup> In unseren Versuchsreihen werden die Meißel, Punzen und Stichel nach dem Guss zuerst überschliffen und danach die Schneidbereiche vor dem Schärfen kalt schmiedend verfestigt. Hierbei bewirkt die Kaltverformung der Kupfer-Zinnbronzen durch eine Veränderung der Metallstruktur günstigere Materialeigenschaften.<sup>36</sup>

### Der Guss

Zum Vorheizen des Ofens ist ein Zeitaufwand von etwa 45 Minuten bis max. einer Stunde notwendig. Hierbei entsteht ein gleichmäßig durchgeglühtes Holzkohlebett. Der darin eingebettete Schmelztiegel mit dem noch kalten Rohmaterial erreicht langsam und selbstständig eine Ausgangstemperatur von 600–700 °C. Abgesehen vom Auffüllen des Ofens mit Holzkohle und deren Anfeuerung ist für diesen Vorgang kein weiterer Arbeitsaufwand nötig. Parallel hierzu wird die Gussform von einer Person vorbereitet, d. h. sie wird vorgewärmt, anschließend erfolgt das Einrußen der inneren Oberflächen.

<sup>33</sup> Drescher 1957, 25.

<sup>34</sup> Im Prinzip bedeutet dieses eine Entmischung der in flüssigem Zustand gleichmäßig verteilten Legierungsbestandteile.

<sup>35</sup> Dies 1967, 504–507; Schumann 1989, 508–513.

<sup>36</sup> Weiterführend Dies 1967; Deutsches Kupferinstitut 2004.

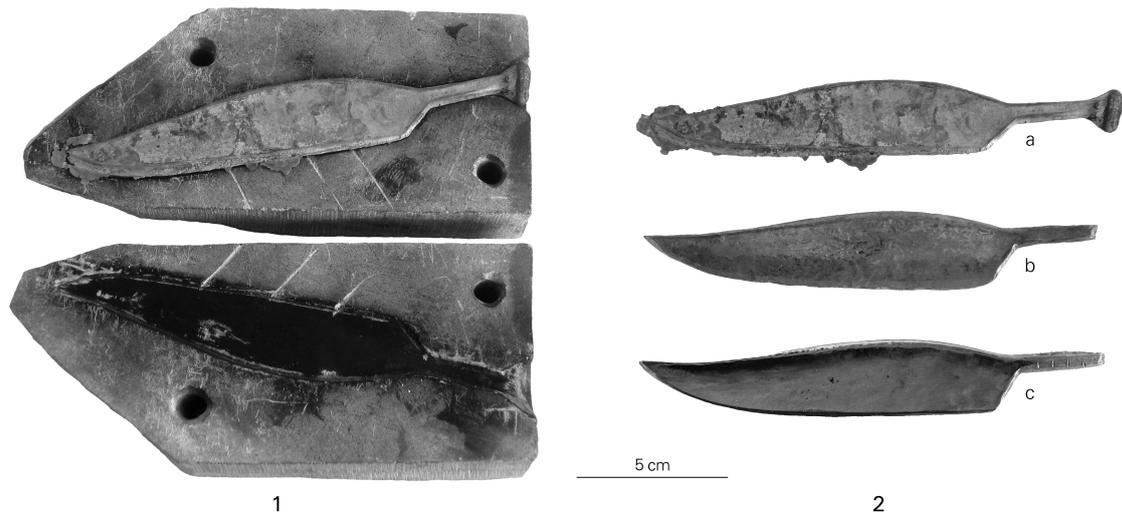


Abb. 6. Herstellungsablauf einer Bronzeklinge. 1 Steinere Gussform aus Speckstein ( $L_{\max} = 18 \text{ cm}$ ,  $B_{\max} = 8 \text{ cm}$ ) mit Gussrohling; 2 Weiterverarbeitung: a im Kokillenverfahren gegossene Rohlinge, b abgeschrotetes Werkstück, c ausgeschmiedete und polierte funktionsfähige Bronzeklinge. – (Fotos: C.-St. Holdermann / F. Trommer).

Die zwei Formhälften werden zusammengefügt und in unserem Fertigungsmodell am Boden in einem Sandbett fixiert. Insgesamt werden hierfür etwa 15 min reine Arbeitszeit benötigt (Abb. 5). Gleichzeitig erfolgt das Hochfahren der Temperatur des Gussofens, bis die Gusspeise etwa  $1150 \text{ }^\circ\text{C}$  erreicht hat. Hierbei steckt die wesentliche Arbeitsleistung in der Belüftung des Schmelzofens, für welche bei einem Betrieb mit einem Blasebalg nach antikem Vorbild (Abb. 2, 1) eine Person benötigt wird. Die gewünschte Gusstemperatur ist nach etwa 15 min erreicht. Eine zweite Person betreut den Gusstiegel, bis dieser aus der Glut genommen werden kann, um die flüssige Gusspeise in die Form zu gießen. Für diesen sehr schnell ablaufenden Produktionsschritt sind zwei Personen erforderlich. Insgesamt ist somit für die eigentliche Gussthroughführung mit einem antiken Belüftungssystem etwa eine dreiviertel Personenarbeitsstunde zu veranschlagen (Abb. 5).

In diesem Fertigungsmodell greifen wir auf bereits legierte Zinnbronze (8 % Zinnanteil) zurück. Hierbei orientieren wir uns an den zahlreichen Hack-Bronze-Depots, die eine Wiederverwertung von unbrauchbaren Bronzegegenständen belegen und die neues Legieren nicht zwingend notwendig machen. Daneben zeigen Depots von Bronzebarren, dass von den bronzezeitlichen Gießern auch auf standardisierte Volumina und Legierungen zurückgegriffen werden konnte.<sup>37</sup> Da neben der Masse des eigentlichen Rohgusses auch die der Bronze des Gusskanals und eines möglichen Gießverlusts<sup>38</sup> einkalkuliert werden muss, ist die Masse der verflüssigten Gusspeise in der Regel höher als die des produzierten Rohstückes. Im hier geschilderten Fall liegt sie bei etwa 100 g je Gussvorgang. Die im Kokillenguss produzierten Gussrohlinge weisen geringe Schwankungen in ihren Massen auf, was auf

<sup>37</sup> Die Verfasser gehen davon aus, dass in der Bronzezeit der jeweilige Zinnanteil bei Spangenbarren an den dünn ausgeschmiedeten Enden und bei Ringbarren an den ausgeschmiedeten und zusammengerollten Ösen erkannt werden konnte. Je höher der Zinngehalt dieser Barren ist, desto spröder verhält sich das Material. Es lässt sich nicht so gut ausschmieden bzw. rollen und reißt früher ein. Je dünner das ausgeschmiedete Ende ist oder je enger ein Ringbarrenende zusammengerollt werden

konnte, ohne zu reißen, desto weicher ist die Bronze und desto geringer ist der Zinngehalt.

<sup>38</sup> Gießverlust: 19 g, 10,5 g, 9 g, 5,5 g. Der Gießverlust entsteht nicht nur durch ein unabsichtliches Verschütten beim Gießen. Z. T. werden in einem ersten kurzen Ausguss auf der Schmelze schwimmende Holzkohlepartikel absichtlich neben die Form gegossen, um zu verhindern, dass diese in die Form geraten.

Guss-Nr.	Gussrohling (g)	abgeschrotete Masse (g)	max. Länge (cm)	max. Breite (cm)	max. Dicke (mm)	Arbeitszeit (Min.)
1	82,0	57,0	15,5	2,6	0,4	27
2	79,0	58,0	15,4	2,7	0,4	32
3	79,0	59,5	15,5	2,6	0,4	36
4	75,0	59,5	15,6	2,7	0,4	28
5	79,0	57,0	15,7	2,6	0,4	35

Abb. 7. Masse der Gussrohlinge, Masse und Größe der abgeschroteten Stücke sowie Arbeitszeit des Ausschmiedens des jeweiligen Schneidenbereichs

die unterschiedlichen Füllungen des Eingusskanals zurückzuführen ist. Von zehn für diese Darstellung durchgeführten Güssen liefen sieben Gussrohlinge gut aus, von denen fünf weiterverarbeitet wurden. Die weiterverarbeiteten Gussrohlinge (exemplarisch: Abb. 6, 1. 2 a–c) wogen zwischen 75 g und 82 g (Abb. 7).

### Weiterverarbeitung

Nach dem Abschroten und Entgraten lagen Messerrohlinge (exemplarisch: Abb. 6, 2 b) mit Massen vor, die zwischen 57,0 g und 59,5 g schwankten (Abb. 7). Die Rohformen schneidender Geräte weisen in der Regel einen zu dicken Schneidenbereich auf. Hieraus resultiert, dass dieser im Sinne einer modernen Sense gedengelt, d. h. ausgedünnt werden muss. Für diese Treibarbeiten verwenden wir den oben erwähnten Bronzeamboss (8 % Zinngehalt) und einen Bronzehammer (5 % Zinngehalt, 620 g) (Abb. 4, 2). Steinhämmer im Sinne der bekannten Rillenschlägel<sup>39</sup> lehnen die Verfasser nach eigenen Erfahrungen in verschiedenen Versuchsreihen für diese präzise und mit einem hohen Kraftaufwand durchgeführten Arbeiten ab.<sup>40</sup> Die für die Ausschmiedevorgänge mit dem Bronzehammer aufzuwendende Arbeitszeit schwankt zwischen 27 min und 36 min (Abb. 7).

Um Werkstücken, die den oben skizzierten Verformungsprozess mehrmals und intensiv durchlaufen, die bei der Kaltverformung entstehenden Spannungen nehmen zu können und ein Einreißen der Randbereiche zu verhindern,<sup>41</sup> ist nach der flächigen Überarbeitung des Werkstückes das Erhitzen des Objektes auf etwa 500–700 °C und ein nachfolgendes Abschrecken des Stückes notwendig. Dieser Prozess führt zu einem erneuten „Weichwerden“ des Bronzeobjektes. Wurde die Klinge ausreichend ausgedünnt, verbleibt ihr Schneidenbereich nach dem letzten Überschmieden gehärtet. Das Ausglühen (pro Klingenrohling 1 Vorgang à 20 min) erfordert keinen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Nach diesem Produktionsschritt wird mit dem Bronzemeißel (15 % Zinngehalt) im Griffangelbereich eine Aufrauung des Kantenbereichs als Schäftungshilfe angebracht, was einen Arbeitsaufwand von etwa zwei bis drei Minuten pro Klinge bedeutet. Hierauf erfolgt ein letztes In-Form-Schleifen der durch das Ausschmieden geringfügig verlaufenen Konturen, wobei die im Zuge der Treibarbeit vergrößerte Fläche erneut reduziert wird. Ein Feinschliff mit Sandstein und das Polieren der Oberfläche mit Schachtelhalm schließt die funktionale Fertigstellung der Messerklingen ab. Durchschnittlich werden hierfür

<sup>39</sup> z. B. Weisgerber 1993, 27 Abb. 19. 20; Rieser/Schrattenthaler 2002, 69–86.

<sup>40</sup> Maßgeblich hierfür sind insbesondere das schlechte Masse/Volumen-Verhältnis und die schlechte Standhaftigkeit dieser Hämmer.

<sup>41</sup> Hier gilt es, die Härte anhand der Klang- und Federeigenschaften des Rohlings richtig einzuschätzen und entsprechend zu reagieren.

weitere 20 min Arbeitszeit benötigt. Somit wird für die geschilderten Weiterverarbeitungsprozesse vom Rohguss (Abb. 6, 2 a) zur funktionsfähigen Klinge (Abb. 6, 2 c) maximal eine Arbeitsstunde benötigt.

Gravierungen und Punzierungen von Zierlinien sind bereits auf Objekten der Frühbronzezeit belegt. Sie verdeutlichen schon für diese frühe Phase geografisch weit verbreitete werkzeugtechnische Kenntnisse. Würde über eine gesamte Klingenlänge eine einfache Zierlinie, z. B. eine gepunzte Punktreihe, angebracht, so wäre mit einem zusätzlichen Arbeitsaufwand von 10–15 min pro Klingenseite zu rechnen. Das den Fertigungsprozess zum funktionstüchtigen Messer abschließende Schäften der Klinge in einem vorbereiteten Griff erfordert weitere 10 min Arbeitszeit, die jedoch nicht mehr zum Arbeitsaufwand der eigentlichen metallurgischen Fertigungsprozesse zu zählen ist.

### Resümee

Wir möchten nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir nur Aspekte eines Fertigungsmodells vorgestellt haben, welches auf unseren Erfahrungen und unserem logistischen Netzwerk beruht. Die dargestellten Prozesse können somit nur die sich an bronzezeitliche Technologien und Produktionsabläufe annähernden Möglichkeiten aufzeigen, die es durch weitere Versuchsreihen noch zu verdichten gilt. Die hier dargestellten in der Werkstatt eines Metallhandwerkers stattfindenden Prozesse sind grob in zwei Arbeitsabläufe einzuteilen: (1) Von der Rohbronze zum Rohguss, und (2) vom Rohguss zur funktionsfähigen Messerklinge.

In der ersten Stufe des Gesamtprozesses werden, in Abhängigkeit vom Blasebalgsystem, drei bis vier Arbeitskräfte benötigt, um einen Rohguss zu erzielen. An die hierbei durchgeführten Tätigkeiten gekoppelte logistische Abhängigkeiten sind nur sehr schwer einzuschätzen. Die Verfasser gehen davon aus, dass es ausreichte, wenn an einem derartigen Fertigungsprozess nur eine Person beteiligt war, welche über das technologische Wissen und über das benötigte logistische Netzwerk verfügte.

Die Weiterverarbeitung des Rohgusses bis zur funktional fertigen Messerklinge erforderte solche Fachkenntnis nicht in demselben Maße. Die Autoren nehmen an, dass die bronzezeitliche Gesellschaft bis zu einem gewissen Grad mit dem Werkstoff Bronze vertraut war und den Prozess des Kaltverformens innerhalb gewisser Grenzen beherrschte, weiterhin, dass der Prozess des Nachschärfens durch Dengeln und Schleifen geläufig war. Diese Fähigkeiten waren beim allgemeinen Umgang mit schneidenden Bronzewerkzeugen in der gesamten Bevölkerung permanent gefordert. Anders verhält es sich mit den Arbeitsschritten des Abschrotens und Verzieren durch Punzieren. Insbesondere Letzteres ist nur mit einiger Erfahrung von einer geschulten Person durchzuführen. Darüber hinaus herrschte jedoch kein weiterer Bedarf an ausgebildeten Arbeitskräften.

### Literaturverzeichnis

- Bočkarev/Leskov 1980 = V. S. Bočkarev / A. M. Leskov, Jung- und spätbronzezeitliche Gussformen im nördlichen Schwarzmeergebiet. PBF XIX, 1 (München 1980).
- Born/Hansen 2001 = H. Born / S. Hansen, Helme und Waffen Alteuropas. Slg. Axel Guttman 9 (Mainz 2001).
- Deutsches Kupferinstitut 2004 = Deutsches Kupferinstitut (Hrsg.), Kupfer-Zinn-Knetlegierungen. Informationsdruck 15 (Düsseldorf 2004).
- Dies 1967 = K. Dies, Kupfer und Kupferlegierungen in der Technik (Berlin 1967).
- Drescher 1957 = H. Drescher, Zur Verwendung von Bronzewerkzeugen in der älteren Bronzezeit. Ham-  
burg 5, Heft 11–12, 1957, 23–29.

- Drescher 1962 = H. Drescher, Bronzezeitliche Gießer im östlichen Mitteleuropa. Ergebnis einer Studienreise in die Tschechoslowakei. Gießerei 49, Heft 25, 1962, 817–822.
- Drescher 1973 = H. Drescher, Der Guss von Kleingerät, dargestellt an Funden aus provinzialrömischen Werkstätten. *Early Medieval Stud.* 6, 1973, 48–62.
- Fasnacht 1991 = W. Fasnacht, Der prähistorische Bronzeguss im Experiment. *Minaria Helvetica* 11, 1991, 3–12.
- Giese u. a. 2002 = E. Giese / K. Schwämmle / F. Trommer, Bronzeguss. Eine Versuchsreihe zur Technik des prähistorischen Bronzegusses unter dem besonderen Aspekt des Formenmaterials. *Experimentelle Arch. Europa* 2002, 93–106.
- Goldmann 1981 = K. Goldmann, Guss in verlorener Sandform – Das Hauptverfahren alteuropäischer Bronze gießer? *Arch. Korrb.* 11, 1981, 109–116.
- Goldmann 1985 = K. Goldmann, Bronzegusstechniken im prähistorischen Mitteleuropa. In: H. Born (Hrsg.), *Archäologische Bronzen. Antike Kunst. Moderne Technik* (Berlin 1985) 52–58.
- Heilmann/Schunke 2004 = H. Heilmann / T. Schunke, Metall in Form – Neue Funde zur bronzezeitlichen Metallverarbeitung aus Mitteldeutschland. In: H. Meller (Hrsg.), *Der geschmiedete Himmel. Die Welt im Herzen Europas vor 3600 Jahren. Ausstellung Halle 2004–2005, Kopenhagen 2005, Mannheim 2006* (Stuttgart 2004) 110–113.
- Holdermann (in Vorber.) = C.-St. Holdermann, Betrachten – Erfassen – Dokumentieren. Methodische Grundlagen zur Dokumentation historischer und prähistorischer Siedlungsbefunde im montanen und alpinen Bereich. Ein Handbuch zur siedlungsarchäologischen Kartierung. *Nearchos*.
- Holdermann/Trommer (2010) = C.-St. Holdermann / F. Trommer, Verfahrenstechniken und Arbeitsaufwand im frühbronzezeitlichen Metallhandwerk. Technologische Aspekte der Himmelscheibe von Nebra – Ein Erfahrungsbericht. In: H. Meller / F. Bertemes (Hrsg.), *Der Griff nach den Sternen. Internat. Symposium in Halle (Saale) 16.–21. Februar 2005. Tagungen Landesmus. Halle 5, 2* (Halle, Saale 2010) 791–806.
- Holdermann/Trommer (in Vorber.) = C.-St. Holdermann / F. Trommer, Zum bronzezeitlichen Metallhandwerk. Aspekte der Verfahrenstechnik unter besonderer Berücksichtigung des Ofenbaus, des Formenmaterials und der Gussdurchführung.
- Jantzen 2008 = D. Jantzen, Quellen zur Metallverarbeitung im Nordischen Kreis der Bronzezeit. *PBF XIX*, 2 (Stuttgart 2008).
- Jockenhövel 1986 = A. Jockenhövel, Bemerkungen zur Frage der Metallverarbeitung in der „Wasserburg“ Buchau. *Germania* 64, 1986, 565–572.
- Jockenhövel 1994 = A. Jockenhövel, Arbeiten an Ofen und Tiegel – Frühe Metallurgen und Künstler. In: A. Jockenhövel / W. Kubach (Hrsg.), *Bronzezeit in Deutschland. Arch. Deutschland, Sonderh.* 1994 (Stuttgart 1994) 36–40.
- Leineweber/Wunderlich 2001 = R. Leineweber / Ch.-H. Wunderlich, Heiße Luft. Eine bronzezeitliche Gebläsedüse mit Gesichtsdarstellung aus Polleben. In: H. Meller (Hrsg.), *Schönheit Macht und Tod. 120 Funde aus 120 Jahren Landesmuseum für Vorgeschichte Halle. Begleitband zur Sonderausstellung vom 11. Dezember 2001 bis 28. April 2002 im Landesmuseum für Vorgeschichte Halle (Halle/Saale 2001)* 200–201.
- Mohen 1988 = J.-P. Mohen, *La Métallurgie*. In: *Avant les celtes: l'Europe à l'âge du bronze, 2500–800 avant J.-C. Abbaye de Daoulas, Musée départemental breton, 14 mai–31 août 1988* (Brest 1988) 30–37.
- Ohlhaver 1939 = H. Ohlhaver, *Der germanische Schmied und seine Werkzeuge*. *Hamburger Schr. Vorgesch. u. Germ. Frühgesch.* 2 (Leipzig 1939).
- Paret 1952–54 = O. Paret, *Der große Fund von Bronze-gußformen der Spätbronzezeit von Neckargartach (Gem. Heilbronn)*. *Fundber. Schwaben NF* 13, 1952–54, 35–39.
- Resi 1979 = H. G. Resi, *Die Specksteinfunde aus Haithabu*. *Ber. Ausgr. Haithabu* 14 (Neumünster 1979).
- Rieser/Schrattenthaler 2002 = B. Rieser / H.-P. Schrattenthaler, *Prähistorischer Bergbau im Raum Schwarz-Brixlegg. Urgeschichtliche Bergbauspuren, Werkzeugfunde, Experimente, Mineralien* (Brixlegg 2002).
- Roden 1988 = Ch. Roden, *Blasrohrdüsen. Ein archäologischer Exkurs zur Pyrotechnik des Chalkolithikums und der Bronzezeit*. *Anschnitt* 40, Heft 3, 1988, 62–82.
- Ruoff 1971 = U. Ruoff, *Die Phase der entwickelten und ausgehenden Spätbronzezeit im Mittelland und Jura*. In: *Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz III: Die Bronzezeit* (Basel 1971) 71–86.
- Schlichtherle/Rottländer 1982 = H. Schlichtherle / R. Rottländer, *Gusstiegel der Pfyner Kultur in Südwestdeutschland*. *Fundber. Baden-Württemberg* 7, 1982, 59–71.
- Schumann 1989 = H. Schumann, *Metallographie* (Leipzig 1989).
- Sölder 2005 = W. Sölder, *Bronzezeit (ca. 2200–800 v. Chr.)*. In: A. Höck / W. Sölder / E. Walde, *Spurensuche* 3, Teil 1: *Vom Schnabelmenschen zur Zwergengstadt. Ausstellung des Museums der Stadt Lienz Schloss Bruck in Zusammenarbeit mit dem Tiroler*

- Landesmuseum Ferdinandeum, 11. Juni bis 26. Oktober 2005 (Innsbruck, Wien, Bozen 2005) 17–25.
- Sonnenschein 1985 = F. H. Sonnenschein, Die Technikgeschichte des Schmiedens. Ein kurzgefasster Abriss. *Techn. Kulturdenkmale* 14, 1985, 12–17.
- Velten 1941 = A. Velten, Formerei und Gießerei 1 (Leipzig 1941).
- Waldhauser 1986 = J. Waldhauser, Kupfergewinnung und -verhüttung in Böhmen und Mähren während der Späthallstatt- und Latènezeit (Forschungsstand). In: B. Gramsch (Hrsg.), *Siedlung, Wirtschaft und Gesellschaft während der jüngeren Bronze- und Hallstattzeit in Mitteleuropa*. Internationales Symposium Potsdam, 25.–29. April 1983, Bericht. Veröff. Mus. Ur- u. Frühgesch. Potsdam 20, 1986, 197–212.
- Weisgerber 1993 = G. Weisgerber, Quarzit, Feuerstein, Hornstein, Jaspis, Ocker – mineralische Rohstoffe der Steinzeit. In: H. Steuer / U. Zimmermann (Hrsg.), *Alter Bergbau in Deutschland*. Arch. Deutschland, Sonderh. 1993 (Stuttgart 1993) 24–34.
- Wiegmann 1997 = U. Wiegmann, Crévic, Dép. Meurthe-et-Moselle, Lothringen, Frankreich. In: A. Hänsel / B. Hänsel (Hrsg.), *Gaben an die Götter. Schätze der Bronzezeit Europas*. Bestandskatalog 4. Staatliche Museen zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz und Freie Universität, Seminar für Ur- und Frühgeschichte (Berlin 1997) 121–123.
- Zimmer 1990 = G. Zimmer, Griechische Bronzegusswerkstätten. Zur Technologieentwicklung eines antiken Kunsthandwerkes (Mainz 1990).



## VERZEICHNISSE



## ZEITSCHRIFTEN

- Aarbøger = Aarbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie (København).
- Acta Ant. Acad. Scien. = Acta Antiqua Academiae Scientiarum Hungaricae (Budapest).
- Acta Arch. = Acta Archaeologica (København).
- Acta Arch. Acad. Scien. Hungaricae = Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae (Budapest).
- Acta Mus. Reginaehradecensis Ser. B = Acta Musei Reginaehradecensis Ser. B (Hradec Králové).
- Acta Praehist. et Arch. = Acta Praehistorica et Archaeologica (Berlin).
- African Arch. Rev. = African Archaeological Review (New York).
- Alt-Thüringen = Alt-Thüringen (Weimar).
- Am. Journal Arch. = American Journal of Archaeology (Boston).
- Anadolu Araştırmaları = Anadolu Araştırmaları (Istanbul).
- Anatolia Ant. = Anatolia Antiqua (Istanbul).
- Anatolian Stud. = Anatolian Studies (London).
- Anatolica = Anatolica (Leiden).
- Annu. Scuola Arch. Atene = Annuario della Scuola Archeologica di Atene e delle missioni italiane in Oriente (Bergamo/Roma u. a.).
- Anodos = Anodos (Trnava).
- Anschnitt = Der Anschnitt (Essen).
- Ant. Journal = The Antiquaries Journal (London).
- Ant. Nat. = Antiquités Nationales (Saint-Germain-en-Laye).
- Anthropos = Anthropos (Fribourg).
- Antiquity = Antiquity (Oxford).
- Aquitania = Aquitania (Bordeaux).
- Arbeits- u. Forschber. Sächs. Bodendenkmalpfl. = Arbeits- und Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege (Dresden).
- Arch. Anz. = Archäologischer Anzeiger (Berlin/New York).
- Arch. Ausgr. Baden-Württemberg = Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg (Stuttgart).
- Arch. Austriaca = Archaeologia Austriaca (Wien).
- Arch. Ber. Lkr. Rotenburg/Wümme = Archäologische Berichte des Landkreises Rotenburg/Wümme (Oldenburg).
- Arch. Deltion = Archaiologikon Deltion (Athēnai).
- Arch. Deltion Chronika = Archaiologikon Deltion Chronika (Athēnai).
- Arch. Deutschland = Archäologie in Deutschland (Stuttgart).
- Arch. Ephēmeris = Archaiologike Ephēmeris (Athēnai).
- Arch. Ergo Makedonia = To Archaiologiko Ergo ste Makedonia kai Thrakē (Thessaloniki).
- Arch. Ért. = Archaeologiai Értesítő (Budapest).
- Arch. Inf. = Archäologische Informationen (Bonn).
- Arch. Jugoslavica = Archaeologia Jugoslavica (Beograd).
- Arch. Jahr Bayern = Das Archäologische Jahr in Bayern (Stuttgart).
- Arch. Journal = The Archaeological Journal (London).
- Arch. Korrbbl. = Archäologisches Korrespondenzblatt (Mainz).
- Arch. Mitt. Nordwestdeutschland = Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland (Oldenburg).
- Arch. Österreich = Archäologie Österreichs (Wien).
- Arch. Reports (London) = Archaeological Reports (London).
- Arch. Rozhledy = Archeologické Rozhledy (Praha).
- Arch. Schweiz = Archäologie der Schweiz (Basel).
- Archaeology = Archaeology (New York).
- Archaeometry = Archaeometry (Oxford).
- Archiv f. Anthr. = Archiv für Anthropologie (Braunschweig).
- Arh. Pregled = Arheološki Pregled (Beograd).
- Arh. Radovi i Rasprave = Arheološki Radovi i Rasprave (Zagreb).
- Arh. Vestnik = Arheološki Vestnik (Ljubljana).
- Atti Accad. Naz. Lincei Mem. = Atti dell'Accademia Nazionale dei Lincei, Classe di Scienze Morali, Storiche e Filologiche, Memorie (Roma).
- Ausgr. u. Funde = Ausgrabungen und Funde (Berlin).
- Baessler-Archiv = Baessler-Archiv (Berlin).
- Bad. Fundber. = Badische Fundberichte (Freiburg i. Br.).
- Bayer. Vorgeschbl. = Bayerische Vorgeschichtsblätter (München).
- Beitr. Allg. u. Vergl. Arch. = Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie (Mainz).
- Beitr. Arch. Oberpfalz = Beiträge zur Archäologie in der Oberpfalz und in Regensburg (Büchenbach).

- Ber. Bayer. Bodendenkmalpfl. = Bericht der Bayerischen Bodendenkmalpflege (München).
- Ber. Bayer. Denkmalpfl. = Bericht des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege (München).
- Ber. Komm. Arch. Landesforsch. Hessen = Berichte der Kommission für Archäologische Landesforschung in Hessen (Wiesbaden).
- Ber. RGK = Bericht der Römisch-Germanischen Kommission des Deutschen Archäologischen Instituts (Mainz).
- Ber. ROB = Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (Amersfoort).
- Bonner Jahrb. = Bonner Jahrbücher (Mainz).
- Bul. Shkencat Shoqërore = Buletin për shkencat shoqërore (Tiranë).
- Bull. Am. School Prehist. Res. = Bulletin of the American School of Prehistoric Research (Cambridge, Massachusetts).
- Bull. Assoc. Promotion Recherches l'Âge du Bronze = Bulletin de l'Association pour la Promotion des Recherches sur l'Âge du Bronze (Dijon).
- Commun. Arch. Hungariae = Communicationes Archaeologicae Hungariae (Budapest).
- Current Anthr. = Current Anthropology (Chicago).
- Debreceni Déri Múz. Évk. = A Debreceni Déri Múzeum Évkönyve (Debrecen).
- Diadora = Diadora (Zadar).
- Documenta Praehist. = Documenta Praehistorica (Ljubljana).
- Early Medieval Stud. = Early Medieval Studies (Stockholm).
- Ethnogr.-Arch. Zeitschr. = Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift (Berlin).
- Eurasia Ant. = Eurasia Antiqua (Mainz).
- European Journal Arch. = European Journal of Archaeology (London).
- Experimentelle Arch. Europa = Experimentelle Archäologie in Europa, Bilanz (Oldenburg).
- Forsch. u. Ber. Staatl. Mus. Berlin = Forschungen und Berichte der Staatlichen Museen zu Berlin (Berlin).
- Forsch. u. Fortschritte = Forschungen und Fortschritte (Berlin).
- Frankenland = Frankenland (Würzburg).
- Fundber. Baden-Württemberg = Fundberichte aus Baden-Württemberg (Stuttgart).
- Fundber. Hessen = Fundberichte aus Hessen (Wiesbaden).
- Fundber. Österreich = Fundberichte aus Österreich (Wien).
- Fundber. Schwaben = Fundberichte aus Schwaben (Stuttgart).
- Gallia Préhist. = Gallia Préhistoire (Paris).
- Germania = Germania (Mainz).
- Geschichte und Gesellschaft = Geschichte und Gesellschaft (Göttingen).
- Gießerei = Gießerei (Düsseldorf).
- Gladius = Gladius (Madrid).
- Glasnik Zemaljskog Muz. Sarajevo = Glasnik Zemaljskog Muzeja u Sarajevu (Sarajevo).
- Godišnjak Sarajevo = Godišnjak, Balkanološki Institut (Sarajevo).
- Hamburger Beitr. Arch. = Hamburger Beiträge zur Archäologie (Hamburg).
- Hammaburg = Hammaburg (Neumünster).
- Helinium = Helinium (Wetteren).
- Helvetia Arch. = Helvetia Archaeologica (Basel).
- Hist. Mitteilungen = Historische Mitteilungen (Stuttgart).
- Iliria = Iliria (Tiranë).
- Ipek = Jahrbuch für Prähistorische und Ethnographische Kunst (Berlin).
- Iranica Ant. = Iranica Antiqua (Leuven).
- Israel Explor. Journal = Israel Exploration Journal (Jerusalem).
- Istanbul Mitt. = Istanbul Mitteilungen (Istanbul/Tübingen).
- Istočne Bosne = Članci i građa za kulturnu istoriju istočne Bosne (Tuzla).
- Jahrb. DAI = Jahrbuch des Deutschen Archäologischen Instituts (Berlin/New York).
- Jahrb. Hist. Ver. Mittelfranken = Jahrbuch des Historischen Vereins für Mittelfranken (Ansbach).
- Jahrb. RGZM = Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz (Mainz).
- Jahrb. SGUF = Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte (Basel).
- Jahresber. Bayer. Bodendenkmalpfl. = Jahresberichte der Bayerischen Bodendenkmalpflege (München).
- Jahresber. Inst. Vorgesch. Frankfurt a. M. = Jahresbericht des Instituts für Vorgeschichte der Universität Frankfurt am Main (München).
- Jahresh. Österr. Arch. Inst. = Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Institutes in Wien (Baden bei Wien).
- Jahresschr. Mitteldt. Vorgesch. = Jahresschrift für Mitteldeutsche Vorgeschichte (Halle, Saale).
- Jahresschr. Vorgesch. Sächs.-Thüring. Länder = Jahresschrift für die Vorgeschichte der Sächsisch-Thüringischen Länder (Halle, Saale).
- Jewellery Stud. = Jewellery Studies (London).
- Journal Anthr. Arch. = Journal of Anthropological Archaeology (Amsterdam/New York u. a.).
- Journal Arch. Scien. = Journal of Archaeological Science (London/San Diego/New York).
- Journal Danish Arch. = Journal of Danish Archaeology (Odense).

- Journal Field Arch. = Journal of Field Archaeology (Boston).
- Journal Hist. Metallurgy Soc. = Journal of the Historical Metallurgy Society (London).
- Journal Mediterranean Anthr. and Arch. = Journal of Mediterranean Anthropology and Archaeology (Xanthi).
- Journal Royal Soc. Ant. Ireland = Journal of the Royal Society of Antiquaries of Ireland (Dublin).
- Kunde = Die Kunde (Hannover).
- Levant = Levant (London).
- Lucerna = Lucerna (Milano).
- Mannheimer Geschbl. = Mannheimer Geschichtsblätter (Mannheim).
- Mannus = Mannus (Bonn/Würzburg/Leipzig).
- Medieval Arch. = Medieval Archaeology (Leeds).
- Minaria Helvetica = Minaria Helvetica (Basel).
- Mitt. Anthr. Ges. Wien = Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft Wien (Wien).
- Mitt. Berliner Ges. Anthr. Ethn. u. Urgesch. = Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte (Berlin).
- Mitt. DAI Rom = Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Römische Abteilung (Heidelberg).
- Mitt. Prähist. Komm. Österr. Akad. = Mitteilungen der Prähistorischen Kommission der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Wien).
- Musaica = Zbornik Filozofickej Fakulty Univerzity Komenského, Musaica (Bratislava).
- Neue Ausgr. u. Forsch. Niedersachsen = Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen (Hildesheim).
- Not. Scavi Ant. = Notizie degli Scavi di Antichità (Roma).
- Offa = Offa (Neumünster).
- Opuscula Arch. (Zagreb) = Opuscula Archaeologica (Zagreb).
- Oxford Journal Arch. = Oxford Journal of Archaeology (Oxford/Boston).
- Padusa = Padusa (Pisa/Roma).
- Palaeohistoria = Palaeohistoria (Groningen).
- Pam. Arch. = Památky Archeologické (Praha).
- Papers Brit. School Rome = Papers of the British School at Rome (London).
- Perspective = Perspective. La Revue de l'Institut National d'Histoire de l'Art (Paris).
- Pravěk = Pravěk. Časopis moravských a slezských archeologů (Brno).
- Prähist. Zeitschr. = Prähistorische Zeitschrift (Berlin/New York).
- Proc. Prehist. Soc. = Proceedings of the Prehistoric Society (London).
- Proc. Royal Irish Acad. Section C = Proceedings of the Royal Irish Academy, Section C (Dublin).
- Proc. Soc. Ant. Scotland = Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland (Edinburgh).
- Rev. Arch. Est et Centre-Est = Revue Archéologique de l'Est et du Centre-Est (Dijon).
- Rev. École Anthr. = Revue de l'École d'Anthropologie (Paris).
- Savaria = Savaria (Szombathely).
- Science = Science (Washington).
- Situla = Situla (Ljubljana).
- Social Anthropology = Social Anthropology (Oxford).
- Southwestern Journ. Anthr. = Southwestern Journal of Anthropology (Albuquerque).
- Sov. Arch. = Sovetskaja Archeologija (Moskva).
- Städel-Jahrb. = Städel-Jahrbuch (Frankfurt a. M.).
- Starinar = Starinar (Beograd).
- Stud. Hist. = Studime Historike (Tiranë).
- Stud. Troica = Studia Troica (Mainz).
- Taras = Taras (Galatina).
- Techn. Kulturdenkmale = Technische Kulturdenkmale, (Münster).
- Techné = Techné. La science au service de l'histoire de l'art et des civilisations (Paris).
- Thraco-Dacica = Thraco-Dacica (București).
- Tribus = Tribus (Stuttgart).
- TüBA-Ar = Türkiye Bilimler Akademisi arkeoloji dergisi (Ankara).
- Ulster Journal Arch. = Ulster Journal of Archaeology (Belfast).
- Vjesnik Arh. i Hist. Dalmatinsku = Vjesnik za Arheologiju i Historiju Dalmatinsku (Split).
- Vjesnik Arh. Muz. Zagreb = Vjesnik Arheološkog Muzeja u Zagrebu, Treće (Zagreb).
- Vjesnik Hrvatskoga Arh. Društva (Zagreb) = Vjesnik Hrvatskoga Arheološkoga Društva (Zagreb).
- Vorträge Niederbayer. Archäologentages = Vorträge des Niederbayerischen Archäologentages (Rahden, Westf.).
- Wiener Prähist. Zeitschr. = Wiener Prähistorische Zeitschrift (Wien).
- Wiss. Mitt. Bosn.-Herzegowin. Landesmus. = Wissenschaftliche Mitteilungen des Bosnisch-Herzegowinischen Landesmuseums, Archäologie (Sarajevo).
- Wiss. Mitt. Bosnien u. Herzegowina = Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina (Wien).
- World Arch. = World Archaeology (London).
- Zeitschr. Arch. = Zeitschrift für Archäologie (Berlin).
- Zeitschr. Assyriologie u. Vorderasiat. Arch. = Zeitschrift für Assyriologie und Vorderasiatische Archäologie (Berlin/New York).
- Zeitschr. Ethn. = Zeitschrift für Ethnologie (Berlin).

Zeitschr. Schweizer. Arch. u. Kunstgesch. = Zeitschrift  
für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte  
(Zürich).

Zeitschr. Säugetierkde. = Zeitschrift für Säugetierkunde  
(Jena).

## REIHEN, SAMMELWERKE UND LEXIKA

- Accordia Specialist Stud. Mediterranean = Accordia Specialist Studies on the Mediterranean (London).
- Acta Arch. Lundensia = Acta Archaeologica Lundensia (Stockholm).
- Acta Univ. Stockholmiensis Stud. North-European Arch. = Acta Universitatis Stockholmiensis, Studies in North European Archaeology (Stockholm).
- Alter Orient u. Altes Testament = Alter Orient und Altes Testament. Veröffentlichungen zur Kultur und Geschichte des Alten Orients und des Alten Testaments (Münster).
- Anejos Archivo Español Arqu. = Anejos de Archivo Español de Arqueología (Madrid/Mérida).
- BAR Intern. Ser. = BAR International Series (Oxford).
- Bayer. Vorgeschbl., Beiheft = Bayerische Vorgeschichtsblätter, Beihefte (München).
- Beih. Bonner Jahrb. = Beihefte der Bonner Jahrbücher (Köln).
- Beitr. Ur- u. Frühgesch. Mitteleuropas = Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas (Langenweißbach).
- Bestandskat. Mus. Berlin = Bestandskataloge der Staatlichen Museen zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz, Skulpturensammlung und Museum für Byzantinische Kunst (Berlin).
- Bibl. Mus. Apulensis = Bibliotheca Musei Apulensis (Alba Iulia).
- Ceramics and civilization = Ceramics and civilization (Westerville, Ohio).
- Fontes Arch. Pragenses, Suppl. = Fontes Archaeologici Pragenses, Supplementum (Praha).
- Forsch. Archäometrie u. Altwiss. = Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft (Rahden, Westf.).
- Forsch. Ber. Vor- und Frühgesch. Baden-Württemberg = Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg (Stuttgart).
- Freisinger Arch. Forsch. = Freisinger Archäologische Forschungen (Rahden, Westf.).
- General Ser. in Anthr. = General Series in Anthropology (Wisconsin).
- Hamburger Schr. Vorgesch. u. Germ. Frühgesch. = Hamburger Schriften zur Vorgeschichte und Germanischen Frühgeschichte (Leipzig).
- Heidelberger Akten der von Portheim-Stiftung = Heidelberger Akten der von Portheim-Stiftung (Heidelberg).
- Informationsdruck = Informationsdruck (Düsseldorf).
- Internat. Arch., Stud. Honoraria = Internationale Archäologie, Studia Honoraria (Rahden, Westf.).
- Inv. Arch., Italia = Inventaria Archaeologica, Italia (Firenze/Sansoni).
- Irish Antiquities = Irish Antiquities (Dublin).
- Jysk Ark. Selskab Skr. = Jysk Arkæologisk Selskabs Skrifter (Århus).
- Kat. Vor- und Frühgesch. Alt. = Kataloge Vor- und Frühgeschichtlicher Altertümer (Mainz).
- Katalogi in monografije = Katalogi in monografije (Ljubljana).
- Mannus-Bibliothek = Mannus-Bibliothek (Würzburg).
- Materialh. Bayer. Vorgesch., R. A = Materialhefte zur Bayerischen Vorgeschichte, Reihe A (Kallmünz, Opf.).
- Monogr. RGZM = Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums (Mainz).
- Monographies Instrumentum = Monographies Instrumentum (Montagnac).
- Münster. Beitr. Ur- und Frühgesch. = Münstersche Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte (Rahden, Westf.).
- NATO ASI Series E, Applied Sciences = NATO ASI Series E, Applied Sciences. A series presenting the result of activities sponsored by the NATO Science Committee (Dordrecht/London/Boston).
- One World Archaeology = One World Archaeology (London/Boston).
- Oxford Univ. Com. Arch., Monogr. = Oxford University Committee for Archaeology, Monograph (Oxford).
- PBF = Prähistorische Bronzefunde (Stuttgart [früher: München]).
- Phänomenologisch-Psychologische Forschungen = Phänomenologisch-Psychologische Forschungen (Berlin).
- Publ. Nat. Mus., Stud. Arch. and Hist. = Publications of the National Museum, Studies in Archaeology and History (København).

- Regensburger Beitr. Prähist. Arch. = Regensburger Beiträge zur Prähistorischen Archäologie (Regensburg).  
Rev. Arch. Est, Suppl. = Revue archéologique de l'Est, Supplément (Dijon).  
RGA = Reallexikon der Germanischen Altertumskunde (Berlin/New York).  
Röm.-Germ. Forsch. = Römisch-Germanische Forschungen (Mainz [früher Berlin]).  
Saarbrücker Beitr. Altkde. = Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde (Bonn).  
Schr. Sektion Vor- u. Frühgesch. = Schriften der Sektion für Vor- und Frühgeschichte der Akademie der Wissenschaften (Berlin).  
Slg. Axel Guttman = Sammlung Axel Guttman (Mainz).
- Studien zur Archäologie Europas = Studien zur Archäologie Europas (Bonn).  
Tagungen Landesmus. Halle = Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte (Halle, Saale).  
Tübinger Arch. Taschenbücher = Tübinger Archäologische Taschenbücher (Münster).  
Tübinger Texte = Tübinger Texte (Rahden, Westf.).  
Univforsch. Prähist. Arch. = Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie (Bonn).  
Urgesch. Materialh. = Urgeschichtliche Materialhefte (Tübingen).  
Vorgesch. Forsch. = Vorgeschichtliche Forschungen (Rahden, Westf. [früher: Berlin/New York]).

## AUTORENVERZEICHNIS

PD Dr. Barbara Regine Armbruster  
Université de Toulouse Le Mirail  
Maison de la Recherche, CNRS – UMR 5608  
5, allée Antonio Machado  
31058 Toulouse  
Frankreich

Prof. Dr. Dirk Brandherm  
Lecturer in Prehistory / Archaeology  
School of Geography, Archaeology and Palaeoecology  
Queen's University Belfast  
Belfast, BT7 1NN  
North Ireland

Dr. Ute Luise Dietz  
Prähistorische Bronzefunde  
Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Archäologische Wissenschaften  
Varrentrappstr. 40–42  
60486 Frankfurt am Main

Prof. Dr. Frank Falkenstein  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
Institut für Altertumswissenschaften  
Lehrstuhl für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie  
Residenzplatz 2, Tor A  
97070 Würzburg

Prof. Dr. Hans Peter Hahn  
Institut für Ethnologie  
Goethe-Universität Frankfurt  
Grüneburgplatz 1  
60323 Frankfurt am Main

Mag. Claus-Stephan Holdermann  
Context OG  
Archäologie – Bauforschung – Kulturanalysen  
Außerdorf 16  
6179 Ranggen  
Österreich

Prof. Dr. Albrecht Jockenhövel  
Prähistorische Bronzefunde  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Historisches Seminar  
Abteilung für Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie  
Robert-Koch-Str. 29  
48149 Münster

Prof. Dr. Tobias L. Kienlin  
Institut für Archäologische Wissenschaften  
Ruhr-Universität Bochum  
Ur- und Frühgeschichte GA 6/59  
Universitätsstraße 150  
44780 Bochum

Ass.-Prof. Dr. Alexandra Krenn-Leeb  
Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien  
Franz-Klein-Gasse 1  
1190 Wien  
Österreich

Prof. Dr. Majolie Lenerz-de Wilde  
Hanfweg 2  
50933 Köln

Dr. Sabine Pabst  
Seminar für Vor- und Frühgeschichte  
Philipps-Universität Marburg  
Biegenstr. 11  
35037 Marburg

Dr. Knut Rassmann  
Römisch-Germanische Kommission des  
Deutschen Archäologischen Instituts  
Palmengartenstraße 10–12  
60325 Frankfurt a. M.

Frank Trommer  
Trommer Archäotechnik  
Ulmer Str. 43  
89143 Blaubeuren

Dr. Marion Uckelmann  
Department of Archaeology  
University of Exeter  
Laver Building  
North Park Road  
Exeter EX4 4QE  
United Kingdom

Dr. Ulrike Wels-Weyrauch  
Prähistorische Bronzefunde  
Goethe-Universität Frankfurt  
Institut für Archäologische Wissenschaften  
Varrentrappstr. 40-42  
60486 Frankfurt am Main

Prof. Dr. Karl-Heinz Willroth  
Georg-August-Universität Göttingen  
Seminar für Ur- und Frühgeschichte  
Nikolausberger Weg 15  
37073 Göttingen

Prof. Dr. Harry Wüstemann  
Am Fasanenholz 15  
18147 Rostock

Asst. Prof. Dr. Thomas Zimmermann  
Acting Chair  
Faculty of Humanities and Letters  
Department of Archaeology and History of Art  
06800 Bilkent-Ankara  
Türkei