

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE

Bilanz 1994



Experimentelle Archäologie in Deutschland Bilanz 1994

T
E
1,III

ISSN 0946-8250
ISBN 3-89598-237-7

Beiheft 8 · 1994 · Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland

ARCHÄOLOGISCHE MITTEILUNGEN AUS NORDWESTDEUTSCHLAND

BEIHEFT 8

Herausgegeben von Mamoun Fansa, Staatliches Museum für Naturkunde und
Vorgeschichte Oldenburg

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE BILANZ 1994

Symposium
in
Duisburg
August 1993



Pfahlbaumuseum
Unteruhldingen

Inv. Nr. 16951

TEI A III

1995
ISENSEE VERLAG - OLDENBURG

Gefördert mit Mitteln des Landes Niedersachsen

Bearbeitung und Redaktion: Dr. Mamoun Fansa, Oldenburg

Titelentwurf: D. Isensee
Fotos: B. Hoffmann
A. Boonstra
D. Gronenborn
J. Reschreiter, N. Tuzar

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

[Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland / Beiheft]

Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland.

Beiheft. - Oldenburg : Isensee.

Früher Schriftenreihe

Reihe Beiheft zu: Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland

8. Experimentelle Archäologie.

1994. Symposium in Duisburg August 1993. - 1995

Experimentelle Archäologie : Bilanz ... - Oldenburg : Isensee.

(Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland : Beiheft ; ...)

Früher begrenztes Werk in verschiedenen Ausg.

1994. Symposium in Duisburg August 1993. - 1995

(Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland : Beiheft ; 8)

ISBN 3-89598-237-7

ISSN 0946-8250

© 1995 Isensee Verlag, Oldenburg - Alle Rechte vorbehalten
Gedruckt bei Isensee in Oldenburg

Inhalt

| | |
|--|----|
| <i>Mamoun Fansa</i> Experimentelle Archäologie - Bilanz 1994 | 8 |
| <i>Pascale B. Richter</i> Die experimentelle Archäologie, eine Methode ohne Grenzen? Anmerkungen zum 2. Symposium der experimentellen Archäologie | 11 |
| <i>Detlef Jantzen</i> Erst das Experiment und dann ... Zum praktischen Nutzen experimenteller Archäologie | 15 |
| <i>Karol Pieta</i> Das archäologische Freilichtmuseum in Liptovská Mara/Slowakei | 23 |
| <i>Hannes Herdits</i> Experimente aus Österreich - Eine studentische Arbeitsgruppe am Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien | 29 |
| <i>Maria Pfaffinger, Margit Späth-Pleyer und Robert Pleyer</i> Vorgeschichtliches Getreide im Unterricht - Vom Anbau bis zum Verzehr. Erweiterung des Geschichtsunterrichts durch Ideen aus der Experimentellen Archäologie | 37 |
| <i>Detlef Gronenborn</i> Ethnoarchäologische Untersuchungen zur rezenten Herstellung und Nutzung von Mahlsteinen in Nordost-Nigeria | 45 |
| <i>Ivana Pleinerová</i> Ein frühslawischer Getreidesilo in Březno, Nordwest-Böhmen | 57 |
| <i>Hubert Illig</i> Der Höllberghof bei Langengrassau/Niederlausitz. Rekonstruktionsversuch historischer Wirtschaftsweisen | 65 |

| | |
|--|-----|
| <i>Frank M. Andraschko, Ernst Giese und Jost Lohmann</i> Überlegungen zur „Rekonstruktion“ des Zeltbefundes von der Poggenwisch..... | 69 |
| <i>Anneke Boonstra</i> Die Rekonstruktion eines Nebengebäudes aus der Eisenzeit in den Kempen, Niederlande..... | 89 |
| <i>Jānis Apals</i> Rekonstruktion der befestigten Inselsiedlung des 9. Jh.s in Araisī (Lettland). Vorbericht | 97 |
| <i>Jürgen Weiner und Alfred Pawlik</i> Neues zu einer alten Frage. Beobachtungen und Überlegungen zur Befestigung altheolithischer Dechselklingen und zur Rekonstruktion bandkeramischer Querbeilholme..... | 111 |
| <i>Marquardt Lund und Christian Schürmann</i> Schußversuche zur Wirkung und Schäftung einiger steinzeitlicher Projektilspitzen..... | 145 |
| <i>Robert Pleyer</i> Herstellung und Einsatz von spätheolithischen Hirschgeweihäxten..... | 161 |
| <i>Jost Auler</i> Experimente zu bronzezeitlichen Tüllenknebelharpunen aus Hirschgeweih..... | 165 |
| <i>Maria Pfaffinger und Anton Nußbaumer</i> Neue Hinweise zu Herstellungsverfahren früh- und mittelholithischer Keramik in Niederbayern | 179 |
| <i>Rosemarie Leineweber</i> Brennversuche in nachgebauten Töpferöfen des 3. nachchristlichen Jahrhunderts | 187 |
| <i>Johann Reschreiter und Natalie Tuzar</i> Rekonstruktion eines spätkeltischen Töpferofens aus Mannersdorf an der March, Niederösterreich | 193 |
| <i>Hermann Haiduck</i> Ritzzeichnungen auf zwei kaiserzeitlichen Kuppelöfen aus dem Reiderland. Ein Beitrag zur Herstellungstechnik eines unbekanntes Ofentyps | 205 |
| <i>Bettina Hoffmann und Hilde Kohtz</i> Keramikexperimente - Untersuchungen zur Herstellungstechnik historischer Keramik | 223 |
| <i>Gunter und Gudrun Böttcher</i> Überlegungen zum Einsatz von Hand- oder Fuß-(Block-)Drehscheiben und Werkzeuggebrauch beim Formen früher Kugeltöpfe | 231 |
| <i>Walter Fasnacht</i> 4000 Jahre Kupfer- und Bronzezug im Experiment | 237 |
| <i>Bernd Lychatz</i> Rekonstruktionsversuch zur Eisenerzeugung im Rennofen mit eingetiefter Schlackengrube | 247 |

| | |
|--|-----|
| <i>Frank Nikulka</i> Frühe Eisenerzverhüttung und ihr experimenteller Nachvollzug: Eine Analyse bisheriger Versuche | 255 |
| <i>Ken Ravn Hedegaard</i> Die Herstellung von wikingerzeitlichen tierkopfförmigen und dosenförmigen Fibeln aus Gotland | 311 |
| <i>Barbara R. Armbruster</i> Funktionale Analogien als Quellen für die experimentelle Archäologie - Metalltechniken und Werkstätten aus Westafrika | 347 |
| <i>Margit Späth-Pleyer und Robert Pleyer</i> Arbeiten mit Lindenbast, Binse und Birkenrinde..... | 363 |

Experimentelle Archäologie - Bilanz 1994

Mamoun Fansa

Im Mai 1990 wurde die Sonderausstellung „Experimentelle Archäologie in Deutschland“ nach ca. 1 1/2 Jahren Vorbereitung in Oldenburg eröffnet. Kaum jemand hat damit gerechnet, daß diese Ausstellung einen derartigen Erfolg bei der Bevölkerung Oldenburgs erzielen würde. Aber auch darüber hinaus war die Resonanz in der gesamten archäologischen Szene in Deutschland und im Ausland ungewöhnlich groß. Von zahlreichen Museen im In- und Ausland kam der Wunsch, die Ausstellung zu übernehmen. Inzwischen wurde sie in 17 Museen im In- und Ausland gezeigt. Weitere Museen werden sie übernehmen.

Parallel zu der Übernahme der Ausstellung wurden von den Museen zahlreiche Veranstaltungen mit demselben Thema durchgeführt. Vorträge und Vorführungen haben dazu beigetragen, daß das Thema und die Ausstellung der Bevölkerung lebendig vermittelt wurde.

Insgesamt haben ca. 200 000 Menschen in Deutschland und im Ausland diese ungewöhnliche Art der Ausstellung gesehen und teilweise an den Vorführungen teilgenommen.

Eine Tagung anlässlich der Ausstellung in Oldenburg hatte gezeigt, daß die Zusammenarbeit unter den Experimentatoren wünschenswert und erforderlich ist.

Nach 1945 haben die Vorgeschichtsforscher in Deutschland einfach einen Strich unter dieses Kapitel der Vorgeschichtsforschung im Dritten Reich gezogen, überließen das Experimentieren und Rekonstruieren den Kollegen im Ausland und zogen sich in die abstrakte Wissenschaft zurück.

Positiv ist ebenfalls zu bewerten, daß die Einstellung der Fachkollegen zur experimentellen Archäologie sich verändert hat und sie aufgeschlossen gegenüber dieser Methode geworden sind. Gerade deshalb, weil vor gar nicht langer Zeit dieses Verfahren noch als Spielerei abgetan wurde. Ordentliche Vorgeschichtsforschungen erwähnten weniger die Menschen und ihre Leistungen, verglichen aber dafür viel Form und Größe ausgegrabener Funde und deren Sortierungsfragen. Dies hat auch etwas mit der Tradition der archäologischen Forschung in Deutschland zu tun.

Durch die Ausstellungen und Tagungen und die Akzeptanz der Fachkollegen hat die deutsche Archäologie im Bereich der experimentellen Archäologie die Versäumnisse erheblich aufgeholt, die nach dem Zweiten Weltkrieg als Folge der Belastung durch die Ideologie des Dritten Reiches entstanden. Die experimentelle Archäologie in Deutschland läßt sich durch diese Ausstellung und durch die Folge der Zusammenarbeit der Experimentatoren untereinander auf das gleiche Niveau wie die experimentelle Archäologie in den angelsächsischen und skandinavischen Länder stellen.

Viele der etablierten Archäologen waren einer derartigen Ausstellung und der Methode der experimentellen Archäologie gegenüber skeptisch. Die Seriosität der Ausstellung und die Begleitliteratur haben dazu beigetragen, daß viele Archäologen und Musealogen ihren Widerstand aufgeben und die experimentelle Archäologie unterstützt und gefördert haben.

Durch die Beschäftigung mit der experimentellen Archäologie ist die Grenze der Interpretationsmöglichkeiten größer geworden. Auch in der Öffentlichkeit gewann die Archäologie einen erheblichen Zuwachs an Interesse und Sympathie. Die Zeitschrift „Archäologie in Deutschland“ widmete 1993 ein Beiheft der experimentellen Archäologie. Zahlreiche Fernsehsendungen haben sich mit diesem Thema beschäftigt und ebenfalls dazu beigetragen, die Archäologie als ein lebendiges Fach zu vermitteln.



1



2

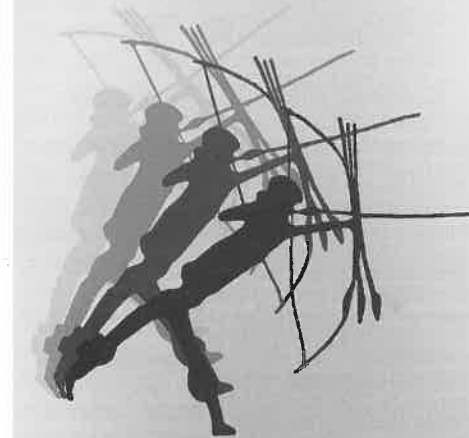


3



4

EXPERIMENTELLE
ARCHÄOLOGIE
IN DEUTSCHLAND '92



Museen der
Stadt Aschaffenburg

5

Abb. 1: Die Ausstellung Experimentelle Archäologie im Balatol-Múzeum, Keszthely (Ungarn) (vom 1. 9. bis 25. 11. 1991).

Abb. 2: Die Ausstellung Experimentelle Archäologie im Móracs Ferenc Múzeum, Szeged (Ungarn) (vom 27. 11. 1991 bis 27. 1. 1992).

Abb. 3 und 4: Die Ausstellung Experimentelle Archäologie wurde vom 29. 4. bis 11. 7. 1993 im Historischen Museum in Bern (Schweiz) gezeigt.

Abb. 5: Plakat der Ausstellung Experimentelle Archäologie. Museum der Stadt Aschaffenburg (11. 7. bis 6. 9. 1992).

Die experimentelle Archäologie hat sich zum Ziel gesetzt, Fragen über die vor- und frühgeschichtlichen Lebensverhältnisse zu beantworten. Sie konnte einige davon plausibel erklären. Aber gleichzeitig wurden zahlreiche neue Fragen gestellt, die in den nächsten Jahren durch den Einsatz der experimentellen Archäologie geklärt werden könnten.

Die experimentelle Archäologie hat in den letzten Jahren einen festen Platz unter den archäologischen Methoden gefunden und sollte in der Zukunft trotz finanzieller Knappheit weiter betrieben werden.

Um einige Experimente in ihren Abläufen nachvollziehbar zu machen, wurden in Verbindung mit der Ausstellung museumspädagogische Vorführungen von bereits abgeschlossenen Experimenten eingesetzt. Es handelt sich also um die Wiederholung von Vorgängen, die schon zu einem Resultat geführt hatten (fälschlicherweise wird die Tätigkeit der Museumspädagogen mit der experimentellen Archäologie verwechselt). Der Einsatz von Wiederholung von Experimenten im museumspädagogischen Bereich ist sehr wünschenswert und als eine der besten Möglichkeiten für die Vermittlung der Archäologie geeignet. Der Einsatz der museumspädagogischen Aktivitäten in diesem Bereich ist deshalb möglich und notwendig, da die wissenschaftlichen Experimente wiederholbar und oft sehr anschaulich sind.

Im August 1993 wurde die Ausstellung „Experimentelle Archäologie in Deutschland“ in Duisburg gezeigt. Anlässlich der Eröffnung wurde eine Tagung organisiert, die zum Ziel hatte, die bisher durchgeführten Experimente in dem neu gegründeten Arbeitskreis „Experimentelle Archäologie in Deutschland“ vorzutragen und über die Ergebnisse zu diskutieren. Das Staatliche Museum für Naturkunde und Vorgeschichte hat diese Tagung gemeinsam mit dem Kultur- und Stadthistorischen Museum in Duisburg organisiert. Mein herzlicher Dank gilt daher dem Leiter und seinen Mitarbeitern des Museums in Duisburg. Die dort gehaltenen Vorträge sind zusam-

mengefaßt und im vorliegenden Band veröffentlicht. Zahlreiche Beiträge, die in Duisburg nicht eingebracht werden konnten, sind an die Redaktion herangetragen worden und werden in diesem Band publiziert. Es ist zu begrüßen, daß viele Beiträge aus dem benachbarten Ausland in diesem Band veröffentlicht werden. Schwerpunkt dieses Bandes ist die Erfahrung in der experimentellen Archäologie im theoretischen und praktischen Bereich mit allgemeinen Themen wie z. B. Ergebnissen von Arbeitsgruppen oder Erfahrungen in Freilichtmuseen, aber auch die Vermittlung dieses Themas im Schulunterricht. Zu begrüßen sind die beiden Beiträge, die sich mit der Ethnoarchäologie auseinandersetzen (Grootenborn; Armbruster), aber auch die intensive Beschäftigung mit der Metallverarbeitung wird in diesem Heft sichtbar.

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN DEUTSCHLAND

Sonderausstellung:

- 1.) Staatliches Museum für Naturkunde und Vorgeschichte, Oldenburg (vom 27.05.1990 bis 23.09.1990).
- 2.) Danneil Museum Salzwedel, Salzwedel (vom 11.11.1990 bis 16.12.1990).
- 3.) Westfälisches Museum für Archäologie, Münster (vom 27.01.1991 bis 28.04.1991).
- 4.) Roemer- und Pelizaeus-Museum, Hildesheim (vom 19.05.1991 bis 17.08.1991).
- 5.) Balatoni-Múzeum, Keszthely (Ungarn) (vom 01.09.1991 bis 25.11.1991).
- 6.) Móracs Ferenc Múzeum, Szeged (Ungarn) (vom 27.11.1991 bis 27.01.1992).
- 7.) Lippisches Landesmuseum, Detmold (vom 05.02.1992 bis 14.04.1992).
- 8.) Museum für Ur- und Frühgeschichte, Freiburg (vom 23.04.1992 bis 28.06.1992).
- 9.) Museen der Stadt Aschaffenburg, Aschaffenburg (vom 11.07.1992 bis 06.09.1992).
- 10.) Stadtmuseum Ingolstadt, Ingolstadt (vom 02.10.1992 bis 15.12.1992).
- 11.) Museum der Stadt Kempten (Allgäu) (vom 22.12.1992 bis 10.02.1993).
- 12.) Historisches Museum Bern/Schweiz (vom 29.04.1993 bis 11.07.1993).
- 13.) Kultur- und Stadthistorisches Museum Duisburg (vom 26.08.1993 bis 31.10.1993).
- 14.) Amt für Museen und Archäologie des Kantons Baselland Liestal (Basel)/Schweiz (vom 19.11.1993 bis 10.04.1994).
- 15.) Thisted Museum/Dänemark (von Mai bis Ende September 1994).
- 16.) Stadtmuseum Erlangen (von Oktober 1994 bis Februar 1995).
- 17.) Urgeschichtsmuseum Blaubeuren (vom 18. Januar bis bis Oktober 1995).

Die experimentelle Archäologie, eine Methode ohne Grenzen?

Anmerkungen zum 2. Symposium der experimentellen Archäologie in Oldenburg

Pascale B. Richter

Während eines Symposiums im Staatlichen Museum für Naturkunde und Vorgeschichte Oldenburg zur experimentellen Archäologie fand auch der Vortrag von R. Vossen zum Thema „Ethnoarchäologie, Möglichkeiten und Grenzen“ großes Interesse. Gerade in Verbindung mit kürzlich erschienenen Veröffentlichungen gibt diese Thematik Anlaß, über die Grenzen der experimentellen Archäologie sowie ihre Position innerhalb verschiedener Fachrichtungen erneut nachzudenken. Um die nachfolgenden Überlegungen in einen Diskussionskontext einbinden zu können, werden zunächst einige Aspekte des oben angeführten Vortrages skizziert¹.

Ausgehend von der Überlegung, daß die Ethnoarchäologie eine Brückenfunktion zwischen der Ethnologie einerseits und der Archäologie andererseits erfüllt, umfaßt die Ethnoarchäologie methodisch gesehen die beiden unterschiedlichen Forschungsansätze „lebendige Archäologie“ und „experimentelle Archäologie“ (VOSSEN 1990:22). Diese Auffassung wurde auch von M. FANSA - Organisator des Symposiums und der Ausstellung „Experimentelle Archäologie in Deutschland“ - vertreten (1990:12; 1993:16).

Die Einbeziehung der experimentellen Archäologie in die Ethnoarchäologie ist überraschend - zählte doch die experimentelle

Archäologie nach meinem Verständnis bisher zum festen Bestandteil der archäologischen Disziplin. Dies um so mehr, als sich die meisten archäologischen Experimente ohne Schwierigkeiten in den Kernbereich der archäologischen Forschung integrieren und nur schwerlich dem Oberbegriff „Ethno“-Archäologie gerecht werden. Es ergeben sich aus archäologischer Sicht folglich eine Reihe von Schwierigkeiten, die im weiteren diskutiert werden sollen. Dazu ist es notwendig, die Begriffe „lebendige Archäologie“, „Ethnoarchäologie“ und „experimentelle Archäologie“ näher zu betrachten.

„Lebendige Archäologie“ erläutert R. Vossen wie folgt: „Unter ‚lebendiger Archäologie‘ verstehe ich die archäologische Behandlung ethnographisch dokumentierter Objekte sowie ethnographische Feldforschung mit archäologischer Fragestellung. Das wichtigste Anliegen ist dabei die systematische Untersuchung derjenigen Kulturbereiche einer ethnischen Einheit, die voraussichtlich in einer archäologischen Situation erhalten oder bruchstückhaft faßbar bleiben. Archäologisch von Interesse ist in erster Linie der Bereich der materiellen Kultur unter Einbeziehung des Funktionszusammenhangs dieser Erscheinung. Methodisch gesehen wird das ethnographisch faßbare Material als jüngste archäologische Fundschicht betrachtet“ (1969a: 73; vgl. VOSSEN 1969b)².

Im Hinblick auf die „Ethnoarchäologie“ werden hier neuere, allgemeine Zitate wiedergegeben. „Im Mittelpunkt ethnoarchäologischer Forschung steht der Vergleich archäologischer Funde oder Befunde mit ethnographischen Beobachtungen oder Materialien mit dem Ziel einer besseren Deutung des archäologischen Materials“ (VOSSEN 1991: 22). In ähnlicher Weise äußert sich auch G. SMOLLA (1988: 127). Ein weiterer Versuch, den Ethnoarchäologiebegriff näher zu bestimmen, wurde von M. EGGERT vorgenommen. „Archäologen oder Ethnologen führen gezielt ethnographische Feldstudien zu archäologisch relevanten Bereichen der materiellen Kultur zum Zwecke archäologischer Hypothesen-

und Theoriebildung durch. Es geht bei der Ethnoarchäologie mithin um den für die archäologische Interpretation essentiellen Bereich der Verknüpfung von materieller und nicht-materieller Kultur“ (1991:40).

Ohne auf die darüber hinausgehenden, keineswegs einheitlichen Ansätze zum Selbstverständnis der Ethnoarchäologie eingehen zu wollen (vgl. FETTEN/NOLL 1992:161-180), soll in diesem Zusammenhang festgestellt werden, daß das Wesensmerkmal der Ethnoarchäologie die Untersuchung ethnographischen Quellenmaterials im Rahmen einer archäologischen Fragestellung ist.

In bezug auf die Standortbestimmung der Ethnoarchäologie innerhalb der ethnologischen und der archäologischen Disziplin läßt sich feststellen, daß sie als Bindeglied zweier verwandter Disziplinen zu sehen ist. Nach einer etwas anderen Schwerpunktsetzung kann sie gleichermaßen als Subdisziplin der Archäologie aufgefaßt werden (EGGERT 1991: 39/40).

Der dritte Begriff, der hier im Vorfeld zu betrachten ist, die „experimentelle Archäologie“, wurde mit sehr unterschiedlichen Inhalten belegt³. Unter dem Stichwort „Experiment“ ist „die künstliche Herbeiführung und Abwandlung von Beobachtungsbedingungen zur Gewinnung wissenschaftlicher Daten zwecks Aufstellung, Bestätigung oder Widerlegung von Hypothesen, Gesetzen, Theorien“ (BROCKHAUS 1978:603) zu verstehen; oder etwas allgemeiner die „methodisch-planmäßige Herbeiführung von meist variablen Umständen zum Zwecke wissenschaftlicher Beobachtung“ (MEYER 1987 : 296/297). Es versteht sich von selbst, daß Experimente innerhalb der archäologischen Forschung archäologischen Fragestellungen unterliegen.

Hinsichtlich des Selbstverständnisses der experimentellen Archäologie wird die Auffassung vertreten, daß es sich hier um eine eigenständige Methode handelt (vgl. RICHTER 1991). In diesem Sinne hat sich auch J. LÜNING geäußert, der die experimentelle Archäologie als Methode und nicht als einen neuen Wissenschaftszweig innerhalb der Archäologie versteht (1991:15).

Betrachten wir nun das Verhältnis der bei-

den erstgenannten Begriffsinhalte „lebendige Archäologie“ und „Ethnoarchäologie“, so erscheint es mir legitim, diese gleichzusetzen, bzw. die lebendige Archäologie als wesentlichen Bestandteil der Ethnoarchäologie aufzufassen. Die Inhalte, die unter dem Stichwort der „lebendigen Archäologie“ beschrieben wurden, sind in den heute gebräuchlicheren Terminus der „Ethnoarchäologie“ eingegangen (vgl. SMOLLA 1988; EGGERT 1991).

Im weiteren können wir uns folglich auf die Untersuchung der Beziehung von „Ethnoarchäologie“ zu „experimentelle Archäologie“ beschränken. Verschiedentlich wurde die Ethnoarchäologie einerseits und die experimentelle Archäologie andererseits in Zusammenhang gebracht und zum Teil auf ihre enge Verknüpfung hingewiesen (vgl. z. B. ANDRASCHKO/SCHMIDT 1991:78; FANSA 1990: 12; 1993: 16; LUCKE 1988: 128-130; 1990: 343; 1991: 101 / 102; SMOLLA 1988: 127; VOSEN 1990: 21-23). Ausführlich wurde die Verbindung dieser Termini erstmalig von R. TRINGHAM diskutiert. Sie schreibt: „*We can define ethnoarchaeology as the structure for a series of observations on behavioral patterns of living societies which are designed to answer archaeologically oriented questions. 'Experimental archaeology' - that is, experiments as part of archaeological investigations - on the other hand, comprises a series of observations on behavior that is artificially induced*“ (1978: 170). Obgleich diese Ausführungen R. Tringhams sowohl verbindende als auch trennende Bestandteile enthalten, ist an dieser Stelle die gemeinsame, zugrundeliegende archäologische Fragestellung hervorzuheben. Die Beziehung, die zwischen dem archäologischen Experiment und der ethnoarchäologischen Beobachtung hergestellt wird, ist aber vor allem in der Tatsache begründet, daß in beiden Bereichen die „Analogie“ bzw. der „Analogieschluß“ eine wesentliche Rolle spielt. Im Rahmen der experimentellen Archäologie muß von einer archäologischen bzw. vergangenheitsbezogenen Fragestellung ausgehend eine Aktualisierung der Frage vorgenommen werden, da das Experiment nur inner-

halb der „aktuellen Ebene“ durchgeführt werden kann. Unter Berücksichtigung verschiedener Prämissen werden gewonnene Erkenntnisse über den Analogieschluß auf die „(prä)historische Ebene“ zurückgeführt (RICHTER 1991: 39-42). Auf die sehr kontrovers diskutierte Bedeutung der Analogie für die Ethnoarchäologie kann und soll hier nicht im Detail eingegangen werden. Für unseren Zweck muß die Feststellung genügen, daß Analogien für die meisten Ethnoarchäologen essentiell sind (vgl. FETTEN/NOLL 1992: 161-180).

Hinsichtlich der Unterschiede ist vor allem das Untersuchungsobjekt selbst zu nennen. Während innerhalb der experimentellen Archäologie - ausgehend vom archäologischen Befund - künstlich geschaffene Beobachtungsphänomene betrachtet werden, sind die Quellen des Ethnoarchäologen ethnologischer bzw. ethnographischer Natur. Kehren wir zur Aussage zurück, wonach die „Ethnoarchäologie“ u.a. die „experimentelle Archäologie“ umfaßt, so soll hier der anders lautende Vorschlag gemacht werden, unter dem Begriff „Ethnoarchäologie“ nur solche Untersuchungen anzusprechen, die auch tatsächlich Bestandteile beider Disziplinen enthalten, nämlich eine archäologische Fragestellung in Verbindung mit ethnographischem Quellenmaterial. Dies läßt sich jedoch für die meisten archäologischen Experimente, die von der Basis archäologischer Befunde ausgehend künstlich geschaffene Beobachtungsphänomene betrachten, nicht feststellen. Diese Aussage ist zwar banal, kennzeichnet jedoch schlicht den Unterschied, der auch einerseits zwischen der „Archäologie“ und der „Ethnoarchäologie“, andererseits zwischen „experimentellen“ und damit künstlichen Daten und „nicht-experimentellen Daten“ zu sehen ist.

Des weiteren ist ein Aspekt anzusprechen, der auf das inner- und interdisziplinäre Verhältnis und damit auf die hierarchische Gliederung abzielt und der die eben formulierte Aussage relativiert. Während die experimentelle Archäologie als Methode bezeichnet wurde, hat die Ethnoarchäologie den Charakter einer Sub- oder auch Teil-

disziplin. Akzeptiert man für letztere diese Standortbestimmung, so könnte sie unterschiedliche Methoden beinhalten, und in der Tat ist das Experiment auch eine Methode der Ethnoarchäologie. Wenngleich ethnoarchäologische Untersuchungen in der Regel auf nicht-experimentellen Beobachtungen beruhen, soll hier die Existenz ethnoarchäologischer Experimente - für die stellvertretend eine Arbeit vom J.P. WHITE und D.H. THOMAS (1972, bes. 286) genannt werden kann - nicht unerwähnt bleiben. Zur Abgrenzung von ethnoarchäologischer Beobachtung und ethnoarchäologischen Experimenten sei nochmals R. TRINGHAM zitiert. „*Ethnographic experiments are distinct from ethnoarchaeological observations in that behaviour in experiments is manipulated*“ (1978: 171). Ausgehend von einer archäologischen Fragestellung wird also im Rahmen ethnoarchäologischer Experimente ethnographisches Quellenmaterial künstlich manipuliert. An diesem Punkt zeigt sich eine enge Verzahnung von Ethnoarchäologie auf der einen und experimenteller Archäologie auf der anderen Seite, die jedoch nach meiner Auffassung keinesfalls dazu führen sollte, den gesamten Bereich der experimentellen Archäologie unter dem Oberbegriff „Ethnoarchäologie“ zu subsumieren! Vielmehr kann das Experiment - als Instrumentarium zur Erkenntnisgewinnung - in unterschiedlichen Disziplinen sinnvoll genutzt werden. So ist es fester Bestandteil der Archäologie und wird - wenn auch in sehr viel bescheidenerem Umfang - innerhalb der Ethnoarchäologie angewandt.

Anmerkungen:

- 1) Für die Durchsicht des Manuskriptes sowie für kritische Diskussionsbeiträge danke ich Herrn F. Fetten, Herrn M. Gebühr, Frau H. Jacobi, Herrn H. Lübke und Frau E. Noll.
- 2) Zunächst ist das terminologische Problem anzusprechen, das sich hier zeigt. Der Begriff „lebendige Archäologie“ ist innerhalb der Ethnoarchäologie offensichtlich völlig anders definiert als dies in der Archäologie der Fall ist, was zwangsläufig zu Mißverständnissen führt. Während dieser Begriff in der Ethnoarchäologie - verkürzt gesprochen - für archäologisch initiierte Feldforschung steht, ist er in der Archäologie im allge-

meinen für die Durchführung wissenschaftlicher Experimente in Anwesenheit von Publikum gebräuchlich oder aber ausschließlich für Projekte im Rahmen der Museumspädagogik. Öffentlichkeitsarbeit wie sie neben archäologischen Experimenten beispielsweise in Hitzacker unter der Überschrift „Tage der Lebendigen Archäologie am Hitzacker-See“ durchgeführt wird, wäre als Beispiel zu nennen. (vgl. LUCKE 1990: 333; 1994: 34).

- 3) R. VOSSSEN zitiert für die Definition der experimentellen Archäologie A. LUCKE (1988: 128), der sich allerdings auf J. COLES (1973: 13) bezieht.
- 4) Der Begriff „experimentelle Archäologie“ läßt in der Tat an eine Forschungsrichtung denken. Unmißverständlicher wäre wahrscheinlich pragmatisch von „archäologischen Experimenten“ zu sprechen. Da sich der Terminus „experimentelle Archäologie“ eingebürgert hat, werde ich ihn im Sinne von „archäologischen Experimenten“ weiterhin verwenden.

Literatur:

- ANDRASCHKO, F.M. / SCHMIDT, M. (1991): Experimentelle Archäologie: Masche oder Methode? Anmerkungen zu Geschichte und Methodik einer „neuen“ Forschungsrichtung. - Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 6, 69-82.
- BROCKHAUS (1978): Experiment. - Der Große Brockhaus 3, 603.
- COLES, J.M. (1973): Archaeology by Experiment. London
- EGGERT, M.K.H. (1991): Ethnoarchäologie und Töpfereiforschung. Eine Zwischenbilanz. - Töpferei- und Keramikforschung 2, 39-61.
- FANSA, M. (1990): Experimentelle Archäologie in Deutschland. Einleitung. - Experimentelle Archäologie in Deutschland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 4, 11-17.
- DERS. (1993): Vom Experiment zur Erkenntnis. - Archäologie in Deutschland 1, 16-19.
- FETTEN, F.G./ NOLL, E. (1992): Perspektiven der Ethnoarchäologie: Das Beispiel der Bestattungen in Molluskenhaufen. - Ethnogr. Archäol. Z. 33, 161-207.
- LUCKE, A. (1988): Brennversuche im Sinne experimenteller Archäologie. - Töpferei- und Keramikforschung 1, 128-141.
- DERS. (1990): Brennversuche und Langzeitexperimente mit einem rekonstruierten zweikammerigen Grubenofen des Typs Hasseris. - Experimentelle Archäologie in Deutschland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 4, 333-344.

DERS. (1991): Experimentelle Archäologie und Entwicklungshilfe - Ein kulturell integriertes Entwicklungsprojekt im Frauentöpferzentrum Ifrane Ali, Nordwest-Marokko. - Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 6, 101-112.

DERS. (1994): Lebendige Archäologie am Hitzacker-See. - Archäologie in Deutschland 2, 34-39.

LÜNING, J. (1991): Bemerkungen zur experimentellen Archäologie. - Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 6, 15-18.

MEYER (1987): Experiment. Meyers Großes Taschen-Lexikon 6, 296/297.

RICHTER, P. (1991): Experimentelle Archäologie: Ziele, Methoden und Aussage-Möglichkeiten. - Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland 6, 19-49.

SMOLLA, G. (1988): Ethnoarchäologie. - W. Hirschberg (Hg.): Neues Wörterbuch der Völkerkunde. Berlin 127/128.

TRINGHAM, R. (1978): Experimentation, Ethnoarchaeology, and the Leapfrogs in Archaeological Methodology. - R.A. Gould (Hg.): Explorations in Ethnoarchaeology. Albuquerque 169-199.

VOSSSEN, R (1969a): Lebendige Archäologie. - Verhandlungen des 38. Internationalen Amerikanistenkongresses 1, 73-77.

DERS. (1969b): Archäologische Interpretation und ethnographischer Befund. Eine Analyse anhand rezenter Keramik des westlichen Amazonasbeckens. - Hamburger Reihe zur Kultur- und Sprachwissenschaft 1/2, Hamburg

DERS. (1990): Reisen zu Marokkos Töpfern. Forschungsreisen 1980 und 1987. Hamburg.

DERS. (1991): Ethnoarchäologische Analogien. Möglichkeiten und Gefahren. - Töpferei- und Keramikforschung 2, 21-38.

WHITE, J.P./ THOMAS, D.H. (1972): What mean these stones? Ethno-taxonomic models and archaeological interpretations in the New Guinea Highlands. - D. L. Clarke (Hg.): Models in Archaeology. London 275-308.

Anschrift der Verfasserin:

Pascale B. Richter M.A.
Wohlens Allee 13
22767 Hamburg

Erst das Experiment und dann ... Zum praktischen Nutzen experimenteller Archäologie

Detlef Jantzen

Nicht ganz zu Unrecht gilt „Experimentelle Archäologie“ als einer der jüngsten Zweige archäologischer Forschung: Obwohl die ersten Experimente schon im 18. und 19. Jahrhundert unternommen wurden (WEINER 1991; ANDRASCHKO u. SCHMIDT 1991, 69-71), hat sie sich erst in jüngerer Zeit von einem sporadisch angewandten Hilfsmittel zu einer regulären Arbeitstechnik entwickelt. Entsprechend lange hat es gedauert, sichere methodische Grundlagen zu erarbeiten. Dabei genügte es nicht, die Grundsätze naturwissenschaftlichen Experimentierens auf archäologische Experimente zu übertragen, denn obwohl archäologische und naturwissenschaftliche Experimente in vielen Fällen verwandt sind, unterscheiden sie sich doch in den meisten Bereichen, die unterhalb einer sehr abstrakten Ebene liegen.

Der inzwischen weitgehend bewältigte Prozeß ließe sich auch als Methodenfindung bezeichnen. Typisch dafür scheint zu sein, daß erst nach einer längeren Vorlaufzeit überhaupt damit begonnen wird, methodische Grundlagen zu formulieren. Daran ist nichts auszusetzen, denn auch wissenschaftliche Methoden gehen letztlich aus einer Experimentierphase hervor und müssen empirisch überprüft werden, wie es nur in einem längeren Prozeß möglich ist.

Heute ist das archäologische Experiment eine weitgehend ausgereifte Forschungsmethode, deren Voraussetzungen, Möglichkeiten und Begrenzungen erkannt und beschrieben worden sind (z. B. bei RICHTER 1991). Experimente können überall dort weiterhelfen, wo mit traditionell archäologischen Mitteln - zu denen seit einiger Zeit auch naturwissenschaftliche Untersuchungsverfahren gehören - keine weiteren Aussagen möglich sind oder wo vorhandene Aussagen überprüft werden sollen.

Neben diesen Experimenten im eigentlichen Sinn, die zu Forschungszwecken unternommen werden, hat sich ein zweiter Anwendungsbereich herausgebildet, der mitunter auch als „lebendige Archäologie“ bezeichnet wird. Gepflegt wird dieser Bereich vor allem in den archäologischen Freilichtmuseen, so etwa in Lejre, Groß Raden, Oerlinghausen oder in den englischen Einrichtungen dieser Art. Hier werden, ergänzend zu den vorhandenen Gebäude-rekonstruktionen, Produktionsverfahren wie Flintbearbeitung, Eisengewinnung, Bronze gießen, Brotbacken und ähnliches gezeigt. Neben der vordergründigen Absicht, etwa zu besonderen Aktionstagen Besucher anzuziehen und das vorhandene Museumsensemble zu beleben, steht dahinter natürlich die Absicht, dem Zuschauer etwas über die genannten Verfahren zu vermitteln.

Experiment und Demonstration

Unter dem Sammelbegriff „experimentelle Archäologie“ werden also - häufig unbewußt - zwei höchst unterschiedliche Vorgehensweisen zusammengefaßt: Zum einen das archäologische Experiment im eigentlichen Sinn, zum anderen die Vermittlung archäologischer Erkenntnisse. Der Einfachheit halber werden die beiden Zweige hier als Experiment und Demonstration (bzw. Versuch und Vorführung) bezeichnet. Nachfolgend soll vor allem der Frage nachgegangen werden, wie weit sich die beiden Bereiche miteinander vereinbaren lassen

und wann es besser ist, sie deutlich zu trennen.

Demonstrationen erscheinen manchmal als eine Art Abfallprodukt experimenteller Archäologie. Das mag daran liegen, daß sie oft einen ebenso provisorischen Charakter haben wie ein Experiment, d.h., daß der Ausgang für alle Beteiligten ungewiß ist. In diesen Fällen handelt es sich tatsächlich um nichts anderes als um ein öffentlich gezeigtes Experiment. Wenn beabsichtigt ist, den Zuschauern etwas über die Methode „experimentelle Archäologie“ zu vermitteln, mag dieses Vorgehen berechtigt sein, andernfalls, als Demonstration eines rekonstruierten Verfahrens, hinterläßt es einen unbefriedigenden Eindruck.

Daß an eine Demonstration andere Anforderungen als an ein Experiment gestellt werden müssen, ergibt sich schon aus der unterschiedlichen Zielsetzung und vor allem aus der Zielgruppe, die mit einer Demonstration angesprochen werden soll (Abb. 1). Am Experiment ist in aller Regel nur ein kleiner Kreis „eingeweihter“, mit dem Experiment vertrauter Personen beteiligt, denen der Ablauf nicht erklärt werden muß. Alle Beteiligten sollten sich außerdem über eventuelle Kompromisse und Fehler im Versuchsaufbau im klaren sein. Dagegen ist die Gruppe der Zuschauer bei einer Demonstration zufällig zusammengesetzt, so daß kein Wissen über den gezeigten Ablauf vorausgesetzt werden kann. Kompromisse und Fehler im gezeigten Prozeß werden nicht unbedingt als solche erkannt.

Bei jeder Demonstration muß also darauf geachtet werden, daß der gezeigte Ablauf verständlich ist. Er muß, am besten durch einen „Sprecher“, der allein diese Aufgabe hat, laufend erklärt und kommentiert werden. Das ist allerdings nur die eine Seite. Wesentlich mehr als durch gesprochene Erklärungen werden die Zuschauer durch das beeinflußt, was sie zu sehen bekommen. Gerade dieser Effekt des visuellen Lernens macht die Demonstration zu einem beliebten und leistungsfähigen Instrument der Vermittlung, das anderen

Ausstellungsformen klar überlegen ist. Mehr als bei einer traditionellen Ausstellung kann also angenommen werden, daß das Gesehene beim Zuschauer einen intensiven Eindruck hinterläßt. Je intensiver jedoch der Eindruck ist, desto schwerer ist er später zu ändern¹. Wer etwas vorführt, sollte sich also der Verantwortung bewußt sein, die er damit übernimmt: Neben der Chance, archäologische Erkenntnisse besonders intensiv zu vermitteln, birgt die Vorführung natürlich auch die Gefahr, dies mit Halb- oder Unwahrheiten zu tun.

Daher muß eine Demonstration mindestens den gleichen Anforderungen genügen, die - zu Recht - an eine traditionelle Ausstellung gestellt werden: Erstens, daß das Gezeigte dem neuesten Stand entspricht und zweitens, daß die dargestellten Ergebnisse in gründlichen Voruntersuchungen als „richtig“ oder „wahrscheinlich“ beurteilt wurden. Vor Beginn einer Demonstration sollte also feststehen, daß das gezeigte Verfahren funktioniert und mit den prähistorischen Quellen übereinstimmt. Spätestens hier wird deutlich, daß Experimente nicht für Demonstrationen geeignet sind, sondern nur die Ergebnisse liefern können, die zur Vorbereitung einer Demonstration nötig sind.

Bei einer Demonstration ist der Spielraum für Kompromisse also wesentlich geringer als bei einem Experiment. Falls Kompromisse dennoch nötig sind, und das sind sie meistens schon wegen lückenhafter archäologischer Quellenlage, gibt es drei Möglichkeiten: Entweder werden weiter entfernt liegende, zeitgleiche Vorbilder herangezogen, es werden die technischen Möglichkeiten der Zeit zugrunde gelegt oder es werden moderne Hilfsmittel verwendet. Zumindest die letzteren sollten offensichtlich sein und deutlich angekündigt werden, da es keinen Zweck hat, frei ergänzte Teile eines Verfahrens „auf alt“ zu trimmen. Schließlich ist anzunehmen, daß die Zuschauer ernst nehmen, was ihnen gezeigt wird, weil sie den Verantwortlichen eine gewisse fachliche Autorität unterstellen und deshalb auch Dinge als „echt“ ak-

| Versuche (Experimente) | Vorführungen (Demonstrationen) |
|---|---|
| Ziele: Hypothesen prüfen, Ideen liefern, zwischen wahrscheinlichen und unwahrscheinlichen Deutungen unterscheiden | Ziele: Besucher anziehen, Ergebnisse vermitteln, Langzeiterfahrungen sammeln |
| Bedingungen: Bewußte Kompromisse erlaubt | Bedingungen: So wenig Kompromisse wie möglich; deutlich sichtbare Kompromisse erlaubt |
| Zielgruppe: Archäologen | Zielgruppe: Öffentlichkeit |
| Beteiligte: Archäologen | Beteiligte: Archäologen, "Sprecher" |
| Aufgaben: Versuchsausführung, Dokumentation | Aufgaben: Vorführung, Erläuterung, Dokumentation stark eingeschränkt |
| Vorbereitung: Quellengrundlage und Fragestellungen erarbeiten, Versuchsanordnung einrichten | Vorbereitung: Versuchsergebnisse gewinnen und aufbereiten, Anordnung einrichten |

Abb. 1: Verhältnis von Versuch und Vorführung (Experiment und Demonstration).

zeptieren, die nur so aussehen. Im Idealfall sollte es also möglich sein, auf den ersten Blick zwischen nachgebildeten Originalen und modernen Zutaten zu unterscheiden.

Dieser Zwang zur Klarheit hat allerdings nur dann einen Sinn, wenn so weit wie möglich mit nachgebildeten Originalen gearbeitet wird. Einzelheiten des Verfahrens, für die es zuverlässige Vorbilder gibt, sollten nicht durch moderne Zutaten ersetzt werden, auch wenn sich dadurch die Arbeit erleichtern ließe. Ein positiver Neben-

effekt dieser Regel ist, daß sich - unter weitestgehendem Verzicht auf Kompromisse - die Möglichkeit bietet, ein Verfahren auf Probleme zu untersuchen, die sich bei weniger strengen Maßstäben nicht zeigen würden.

Wie beim eigentlichen Experiment spielt auch bei der Demonstration der menschliche Faktor eine große Rolle. Deshalb genügt es nicht, die technischen Voraussetzungen für eine Demonstration zu schaffen. Mindestens ebenso wichtig ist,

daß die „Demonstranten“ über die nötigen Fähigkeiten verfügen, um das ausgewählte Verfahren überzeugend vorzuführen. Banale handwerkliche Fehler oder der Gebrauch zahlreicher moderner Hilfsmittel werden wahrscheinlich eher etwas über die Vorbereitung der Demonstration und die Beherrschung durch die Vorführer vermitteln als über den Prozeß an sich. Dabei steht von vornherein fest, daß sich die nötige Geschicklichkeit für die meisten Verfahren nicht in kurzer Zeit antrainieren läßt, daß also immer ein Unterschied bleiben wird zwischen einem prähistorischen „Spezialisten“ und seinem modernen Nachahmer - nur ist dies keine Entschuldigung für mangelhafte Vorbereitung.

Damit sind einige Gesichtspunkte aufgezählt, die dazu beitragen könnten, Demonstrationen zu einem als seriös geltenden Instrument der Vermittlung zu machen. Denn anders als bei Experimenten zum Zweck der Forschung ist es bisher nicht gelungen, Demonstrationen als übliches und anerkanntes Arbeitsmittel zu etablieren. Zwar wurde und wird „experimentelle Archäologie“ oder „lebendige Archäologie“ oftmals zur Vermittlung eingesetzt, doch ist sie fast ebenso oft - und häufig berechtigt - kritisiert worden. Diese Kritik verdient, ernst genommen zu werden, da sie sonst dazu führen könnte, daß auf ein sehr nützliches und wirksames Instrument verzichtet wird. Schließlich ist die Aufgabe archäologischer Forschung erst dann abgeschlossen, wenn die gewonnenen Ergebnisse zugänglich gemacht worden sind, und es ist sicher nicht zuviel verlangt, daß eine weitgehend aus öffentlichen Mitteln bezahlte Forschung auch öffentlich zeigt, was aus diesen Mitteln geworden ist.

Demonstration und Museumspädagogik

„Traditionelle“ Ausstellungen können nach wie vor einen großen Teil dieser Aufgaben übernehmen, wie das Interesse zeigt, mit dem sorgfältig vorbereitete Dauer- oder Sonderausstellungen aufgenommen wer-

den. Mit guten Gründen wird aber auch hier versucht, etwa mit dem Mittel Video, modernere und heutigen Seh- und Aufnahmegewohnheiten angepaßte Präsentationsformen zu finden. Nicht zuletzt die Museumspädagogik ist als eine solche Form entdeckt worden. Hier schließt sich der Kreis, da „lebendige Archäologie“ und Museumspädagogik beinahe synonym verwendet werden können: Um Kinder und Jugendliche anzusprechen, an die sich das Angebot der Museumspädagogik typischerweise richtet, ist ein Live-Erlebnis, möglichst noch mit eigener Beteiligung, offenbar wesentlich besser geeignet als das Mittel der Ausstellung.

Gerade an der Nahtstelle zwischen Archäologen und Museumspädagogen gibt es allerdings einige Schwierigkeiten. Dazu trägt sicher bei, daß Museumspädagogik nicht immer ernst genug genommen und nicht immer mit der nötigen Aufmerksamkeit bedacht wird, was sich wiederum darauf auswirkt, wie gut einzelne Projekte vorbereitet werden können. Gelingt zudem die Übertragung neuerer Forschungsergebnisse nicht, fehlen die Anregungen und es besteht die Gefahr, daß Museumspädagogik zur permanenten Wiederholung gerät. Eine in diesem Sinne verselbständigte Museumspädagogik ist sicher kein Gewinn, weder für die Zielgruppe noch für die beteiligten Mitarbeiter, deren Motivation in relativ kurzer Zeit nachlassen dürfte.

Da die Zahl der Archäologen, die mit experimentellen Methoden arbeiten, stark zugenommen hat, dürfte es eigentlich kein Problem sein, in diesen Punkten Abhilfe zu schaffen. Es müßte sowohl möglich sein, experimentierende Archäologen als Gäste der Museumspädagogik zu gewinnen, als auch das gewonnene Wissen an Mitarbeiter der Museumspädagogik weiterzugeben. Wie oben dargelegt, genügt es allerdings nicht, einfach ein Experiment zu zeigen. Das Experiment kann allenfalls eine Grundlage bilden, auf der sich eine Demonstration aufbauen läßt.

Wichtigste Frage am Anfang ist natürlich,

welche Bereiche prähistorischer Kultur sich überhaupt vermitteln lassen. Das hängt nicht nur davon ab, für welche Gebiete gesicherte Aussagen vorhanden sind, sondern auch von dem unterschiedlichen Grad an Interesse, das diese Ergebnisse bei der Zielgruppe auslösen². Daß es verkehrt wäre, nur dem (vermuteten oder untersuchten) Geschmack des jeweiligen Publikums zu folgen, versteht sich dabei von selbst. Der kleinste gemeinsame Nenner oder die vermeintliche Sensation können nicht das Programm eines Museums bestimmen. Ganz ohne solche Überlegungen dürfte es allerdings auch nicht gehen, wenn sich das Vermittlungsangebot an mehr als eine kleine Gruppe mit archäologischen Vorkenntnissen wenden soll. Ein Vorteil der Demonstration dürfte nämlich darin liegen, daß sie auch Schichten anspricht, die normalerweise mit einem Museum wenig anfangen können - was gewiß nicht nur für Kinder und Jugendliche, sondern auch für viele Erwachsene gilt. Von daher wäre es fatal, würden Demonstrationen nur eingesetzt, um das museumspädagogische Angebot für Kinder und Jugendliche zu beleben.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß vor allem Herstellungs- und Verarbeitungstechniken sehr gut zu vermitteln sind, da sie sich erstens mit den vorhandenen Quellen und Methoden gut rekonstruieren lassen und zweitens auf das nötige Interesse stoßen, da sie nicht nur elementare Reize wie z.B. Feuer bieten, sondern auch zum Vergleich mit heutigen Verhältnissen herausfordern. Dagegen wird es immer auf Schwierigkeiten stoßen, wenn vor- oder frühgeschichtliche Glaubensvorstellungen oder andere Formen der Befindlichkeit dargestellt werden sollen. Alle Versuche, sich in diese Zustände hineinzuversetzen, scheitern nicht nur an der mangelhaften Quellengrundlage, sondern auch an der gänzlich anderen Lebensumwelt, von der die Denkmuster und Handlungsweisen der Darsteller geprägt sind, ob sie sich dessen bewußt sind oder nicht. Allgemeine Kulturverhältnisse lassen sich daher nicht mit Demonstrationen vermitteln.

Theorie und Praxis

Natürlich gibt es, auch wenn bis zu dieser Stelle vorausgesetzt wurde, daß eine klare Unterscheidung zwischen Experiment und Demonstration möglich sei, einige Grenz- und Problemfälle. Praktisch sind die Grenzen zwischen Demonstration und Experiment nämlich nicht immer deutlich zu ziehen. Es ist in der Literatur der letzten Zeit mehrfach der Versuch unternommen worden, Experimente nach Stufen zu klassifizieren, angefangen vom reinen „probieren wir mal“ bis zu dem Experiment, das an eine längere Versuchsreihe anschließt und mit dem die gefundene Lösung nochmals auf Funktionsfähigkeit geprüft werden soll. Wann ein Experiment auf dieser Skala die Stufe erreicht, ab der es „demonstrierbar“ ist, kann durchaus unterschiedlich beurteilt werden. Ohnehin sollte den Beteiligten bewußt sein, daß jedes im Experiment gewonnene Ergebnis, auch wenn es der mehrfachen Überprüfung standhält, keine ursprüngliche Wirklichkeit reproduziert, sondern allenfalls eine gewisse Wahrscheinlichkeit für diese Lösung erkennen läßt. Von daher ist jedes Ergebnis, und sei es noch so wahrscheinlich, nur ein vorläufiges Ergebnis, das jederzeit durch neue Quellen oder Untersuchungen in Frage gestellt werden kann.

Ab wann die Ergebnisse eines Experiments für vorzeigbar gehalten werden, ist also von Fall zu Fall zu beantworten. Einen Maßstab kann nur die Frage liefern, wie weit sich das Experiment den Vorgaben angenähert hat, die durch das Fundmaterial gegeben sind (direkter Vergleich). Zusätzlich muß gewährleistet sein, daß das Verfahren auf die untersuchte Weise funktioniert, daß es also mit geringer Fehlerquote abläuft und die verfügbaren Rohstoffe sparsam ausnutzt (Funktionsprüfung). Sind diese Kriterien erfüllt, kann von einer wahrscheinlichen Rekonstruktion des Verfahrens gesprochen werden. Mit dem Begriff Rekonstruktion ist dabei nur gemeint, daß der Versuch (und die darauf aufbauende Demonstration) eine auf dem derzeitigen Wissensstand beruhende

Nachbildung des prähistorischen Verfahrens ist. Daß keine originalgetreue Wiederherstellung etwas ehemals Bestehenden gemeint sein kann, versteht sich von selbst.

Gänzlich zu trennen sind Experiment und Demonstration aber auch deshalb nicht, weil bei jeder Demonstration, ob gewollt oder nicht, das rekonstruierte Verfahren überprüft wird. So gesehen liefert jede Demonstration zusätzliche Informationen über die gezeigte Technik. Da Demonstrationen oft über einen längeren Zeitraum wiederholt werden, beziehen sich diese Informationen vor allem auf Funktionssicherheit, Zuverlässigkeit und Materialverbrauch. Nicht zuletzt sorgt die Wiederholung dafür, daß die Beteiligten größere Sicherheit gewinnen, so daß sich auch der Einfluß des menschlichen Faktors auf das Verfahren ablesen läßt. Wenn diese Beobachtungen dokumentiert werden, was unter den Bedingungen einer Demonstration schwierig sein kann, haben sie den gleichen Stellenwert wie Beobachtungen an einem Experiment.

In der Praxis wird sich vermutlich auch die Frage stellen, welche Wirkung das Gezeigte auf die Zuschauer hat. Ansätze, diese Wirkung zu erforschen, sind bis jetzt spärlich geblieben und auch nur selten veröffentlicht worden. Um so wichtiger sind die Erfahrungen, die mit Demonstrationen bisher gemacht worden sind und die einige Rückschlüsse auf das Verhalten der Zuschauer zulassen. Zu den grundsätzlichen Beobachtungen gehört, daß die meisten Zuschauer die Demonstration kritisch betrachten und auch sagen, was ihrer Meinung nach nicht stimmt. Hier ist es natürlich wichtig, daß die Verantwortlichen den Hintergrund ihrer Vorführung genau kennen, also wissen, wo auf gesicherte Grundlagen zurückgegriffen werden konnte und wo Kompromisse nötig waren. In den meisten Fällen werden die Quellen nicht ausreichen, um das gesamte Verfahren zu rekonstruieren, so daß einige Teile ergänzt werden müssen. Die Entscheidung darüber, wann eine Ergänzung nach weiter entfernten Vorbildern

oder den technischen Möglichkeiten der Zeit zulässig ist und wann es besser wäre, offensichtlich moderne und deutlich sichtbare Ergänzungen vorzunehmen, ist sicher nur von Fall zu Fall zu treffen.

Wichtig für den Eindruck, den die Zuschauer bekommen, ist auch, daß das gezeigte Verfahren in die Umgebung paßt. Das gilt natürlich vor allem für archäologische Freilichtmuseen. Es wäre unsinnig, in einer rekonstruierten neolithischen Siedlung Eisenverhüttung zu zeigen, weil schriftliche oder mündliche Erklärungen, wie sich das Gezeigte und die Umgebung zueinander verhalten, aller Erfahrung nach fruchtlos sind und nicht aufgenommen werden. Hier muß also die Forderung nach Einheit von Zeit und Ort unbedingt erfüllt werden, um das etwas diffuse Bild der Vorgeschichte, das sich mitunter in den Köpfen der Zuschauer eingenistet hat, nicht weiter zu verwirren. In diesem Sinne ist es auch, wenn möglichst komplette Verfahren gezeigt werden, so daß am Ende ein Produkt steht, das die Zuschauer in der Ausstellung eines Museums wiederfinden können.

Eines wird mit der Demonstration allerdings nicht angestrebt, nämlich die direkte Beteiligung der Zuschauer. Dafür sind die gegebenen Bedingungen, nämlich ein stark wechselndes Publikum, kurze Verweildauer und fehlende Vorkenntnisse, einfach nicht geeignet³. Unter diesen Voraussetzungen, die sich für die Vorführenden in einem hohen Erwartungsdruck bemerkbar machen, kann nur ein vorbereitetes Programm gezeigt werden. Darin liegt allerdings auch die Stärke einer Demonstration, daß sie sich unter ungünstigen Bedingungen behaupten und trotzdem etwas vermitteln kann. Voraussetzung ist, daß das Verfahren funktioniert: Ein Archäologe gewinnt aus einer fehlgeschlagenen Demonstration immerhin eine Erkenntnis, seine Zuschauer aber werden in der Regel nur enttäuscht sein⁴.

Zuschauer können also nur dort an der Demonstration beteiligt werden, wo sie die Funktion nicht gefährden, d.h., bei einfa-

chen Hilfstätigkeiten. Ansonsten reicht es für die Wirkung einer Demonstration vollkommen aus, daß das Ereignis optische und akustische Eindrücke ebenso einschließt wie Gerüche oder das Erlebnis hoher Temperaturen. Schließlich besteht auch die Möglichkeit, am Produktionsprozeß beteiligte Gegenstände in die Hand zu nehmen, Fragen sofort beantwortet zu bekommen oder sich einfach über das gelungene Produkt zu freuen. Demonstrationen vermeiden damit die Nachteile vieler traditioneller Ausstellungen, die ein statisches Bild liefern, nur wenige Sinne ansprechen und kaum Möglichkeiten zur Kommunikation bieten⁵.

Schlußfolgerungen

Daß Experiment und Demonstration nicht ohne weiteres miteinander zu vereinbaren sind, ist zwar gelegentlich erkannt⁶, letztlich aber selten in die Praxis umgesetzt worden. Dabei liegt es auf der Hand, die beiden Zweige wegen der unterschiedlichen Interessen, die damit verfolgt werden, möglichst deutlich voneinander zu trennen.

Die Gründe, warum öffentlich gezeigte Experimente aus der Sicht der Zuschauer unbefriedigend sind, wurden bereits genannt. Andererseits gibt es auch für experimentierende Archäologen gute Gründe, warum ein zu Forschungszwecken unternommenes Experiment möglichst ohne Zuschauer ablaufen sollte. Dazu gehört, daß Experimente per Definition bestimmte Erkenntnisse liefern sollen und deshalb dokumentiert werden müssen, was voraussetzt, daß es möglichst wenig Störungen des Versuchsablaufs gibt, daß also auch die Experimentatoren selbst möglichst wenig abgelenkt werden. Hinzu kommt, daß im Experiment gerade auch unwahrscheinliche Lösungen überprüft werden können, eine Vorgehensweise, die sich für jede Art von Demonstration verbietet. Um es deutlicher zu sagen, ist ein Experiment für beide Seiten unergiebig, wenn es vor Zuschauern stattfindet.

Experimente sollten daher eine interne Angelegenheit bleiben und nur ausnahmsweise gezeigt werden, um Einblicke in archäologische Forschungsmethoden zu geben. Steht dagegen die Vermittlung archäologischer Erkenntnisse im Vordergrund, gelten ganz andere Anforderungen, nämlich die gleichen, die auch an Ausstellungen gestellt werden müssen. Eine Versuchsreihe muß also so weit gediehen sein, daß wesentliche Teile eines Herstellungs- oder Produktionsverfahrens sicher rekonstruierbar sind, bevor mit der Umsetzung in eine Demonstration begonnen werden kann.

Es geht also um die Wahl zwischen Forschung oder Vermittlung, mit anderen Worten: zwischen dem Versuch im eigentlichen Sinne zur Überprüfung von Hypothesen - oder der öffentlichen Vorführung. Die zweite Aufgabe ist sicher nicht anspruchloser als die erste. Vor allem aber bietet die Demonstration die Möglichkeit, Forschungsergebnisse schnell und in ansprechender Form zu vermitteln. Sie kann damit zu einem nicht zu unterschätzenden Multiplikator archäologischen Wissens werden.

Zum Schluß soll nicht verschwiegen werden, daß manche „Demonstration“ eben doch nur ein öffentlich gezeigtes Experiment war, Aktivitäten des Verfassers nicht ausgenommen. Das damit verbundene Unbehagen sollte ein Ansporn sein, sich über das eigene Tun klarzuwerden und auch für das Instrument der Demonstration klare methodische Grundlagen zu schaffen. So bekommt experimentelle Archäologie einen doppelten Nutzen, nämlich sowohl für die Forschung als auch für die Vermittlung. Das Fazit kann nur heißen: Erst das Experiment und dann die Demonstration!

Anmerkungen

- 1) Nach AHRENS weckt jede Rekonstruktion - und dazu gehören natürlich auch rekonstruierte technische Verfahren - eine Vorstellung beim Betrachter, „die vermutlich weit nachhaltiger wirkt als die

Präsentation von Kleinfunden in Vitrinen oder auch geschriebene oder gesprochene Erläuterungen“ (AHRENS 1988, 27).

- 2) Sehr deutlich ist dieser Zusammenhang von Ahrens beschrieben worden (AHRENS 1974 95 f.).
- 3) Besonders bei komplizierten technischen Prozessen können Ungeübte nur wenig Sinnvolles zum Gelingen beitragen. Zum Ausgleich sollte es deshalb die Möglichkeit geben, einige Gegenstände aus dem gezeigten Verfahren in die Hand zu nehmen und genauer zu betrachten.
- 4) Daß auch Verfahren, die unter Versuchsbedingungen ausgezeichnet funktionieren, während der Vorführung versagen, ist eine andere Sache und dem sogenannten Vorführeffekt zuzuschreiben. Eine hundertprozentige Erfolgsquote wird sich auch bei sorgfältiger Vorbereitung nicht erreichen lassen.
- 5) Der Gerechtigkeit halber muß eingeräumt werden, daß sich viele Forschungsergebnisse nicht mit dem Mittel der Demonstration vermitteln lassen. Demonstrationen können daher keine Ausstellungen ersetzen, sondern nur ergänzen. Ist allerdings mit Hilfe einer Demonstration das Interesse geweckt, dürften manche Besucher auch Ausstellungen mit anderen Augen sehen und bestimmte Objekte mit konkreten Ergebnissen verbinden.
- 6) RICHTER (1991): „An dieser Stelle sei allerdings darauf hingewiesen, daß die Verbindung beider Ziele, nämlich die gleichzeitige Klärung einer wissenschaftlichen Fragestellung im Beisein der Öffentlichkeit, sehr problematisch ist. Eine strikte Trennung zwischen dem wissenschaftlichen Experiment und der öffentlichen Demonstration wäre sicherlich zum Vorteil für beide Bereiche.“ - Vgl. auch ANDRASCHKO u. SCHMIDT 1991, 78: „Trotz obiger kritischer Anmerkungen sind wir jedoch nicht der Meinung, daß alles ein Idealexperiment sein muß. Es ist ja auch wichtig, einmal einen zumindest vagen Eindruck von beispielsweise Bronzezeit zu bekommen, ohne gleich perfekt alle Techniken zu beherrschen. Anders ist es bei Vorführungen und Demonstrationen. Hier muß der Demonstrant bei dem, was er da gerade vorführt, genau wissen und sagen, auf welchen Voraussetzungen sein Treiben beruht“

Literatur

- AHRENS, C. (1974): Gegenwartsfragen des prä-historischen Museums. Hammaburg N.F. 1, 93-98.
- DERS. (1988): Wiederaufgebaute Vorzeit. Archäologische Freilichtmuseen in Europa (Neumünster).
- ANDRASCHKO, F. u. SCHMIDT, M. (1991): Experimentelle Archäologie: Masche oder Methode? Anmerkungen zu Geschichte und Methodik einer „neuen“ Forschungsrichtung. In: Experimentelle Archäologie - Bilanz. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6 (Oldenburg) 69 - 82
- RICHTER, P. (1991): Experimentelle Archäologie: Ziele, Methoden und Aussage-Möglichkeiten. In: Experimentelle Archäologie - Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6 (Oldenburg) 19-49.
- WEINER, J. (1991): Archäologische Experimente in Deutschland. Von den Anfängen bis 1989 - Ein Beitrag zur Geschichte der experimentellen Archäologie in Deutschland. In: Experimentelle Archäologie - Bilanz. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6 (Oldenburg) 50-68.

Anschrift des Verfassers:

Detlef Jantzen
Langenreihen 27
22081 Hamburg

Das archäologische Freilichtmuseum in Liptovská Mara/Slowakei

Karol Pieta

Liptovská Mara ist ein großer Stausee in der Nordslowakei am Oberlauf des Waag. Früher hieß so eine der zwölf Gemeinden, die in den Fluten der Talsperre untergingen. Heute gehört die Gemeinde zu Bobrovnik, Kr. Liptovsky Mikulaš. In dieser Gegend befinden sich die meisten der Siedlungen, die ohne Unterbrechung von der älteren Latènezeit bis in die frühe Kaiserzeit besiedelt waren. Die seit 1965 laufenden Ausgrabungen haben viel zur Kenntnis der frühgeschichtlichen Entwicklung im gesamten Nordkarpatenraum beigetragen. Liptovska Mara ist eine der für das Randgebiet des ethnisch bunten ostkeltischen Raumes typischen Zentralsiedlungen, die eine mit den donauländischen Oppida vergleichbare wirtschaftliche und gesellschaftliche Rolle spielte. Zu den charakteristischen Merkmalen zählt die auf eine Burgwallanlage orientierte Siedlungskonzentration mit Importfunden, Handwerk und Münzprägung. Eine auf dem Berg Havranok (692 m) gelegene Befestigung wurde nur fallweise aufgesucht und diente eher als Fluchtburg für die umliegenden Ortschaften. Im Ostteil der Innenfläche wurde ein Heiligtum entdeckt.

Aus den anfänglichen Notgrabungen entwickelten sich systematische Plangrabungen, in deren Verlauf weite Teile der Innenfläche freigelegt wurden. Dabei fiel eine

große Anzahl interessanter Funde und Befunde an. Klima und Bodenverhältnisse in diesem Berggebiet begünstigten die an Hangterrassen gebauten Blockbaukonstruktionen. Der anstehende, schieferartig spaltbare Sandstein eignete sich für die Fundamente, Pflasterungen und den Wehrbau.

Die wichtigsten Funde stammen vom Burgwall (Abb. 1). Die älteste Befestigung datiert in die Mittellatènezeit, gegen deren Ende der äußere Ringwall erneuert wurde; gleichzeitig entstand die innere Wehrlinie. Auf der Ostterasse wurde ein Heiligtum errichtet, das aus einer von Pfostenreihen umsäumten Pflasterung mit einer zentralen Opfergrube bestand. Auf der Pflasterung



Abb. 1: Latènezeitlicher Burgwall Havranok bei Liptovská Mara

wurden verbrannte Opfergaben wie Getreide, Schmuck, Tierreste und Münzen deponiert, in der Opfergrube selbst lagen Teile der Menschenopfer. Die später umgestaltete Kultanlage brannte zusammen mit den Befestigungsanlagen in der augusteischen Zeit ab und wurde nicht wieder aufgebaut.

Der jüngere, innere Wall der Anlage wurde mit einer neuen Toranlage wiederaufgebaut. Die Siedlungen in der Umgebung wurden in dieser unruhigen Zeit verlassen und, die reduzierte Bevölkerung ließ sich im Inneren der Wallanlage nieder. Eine erneute Brandkatastrophe in der tiberischen



Abb. 2: Die rekonstruierte Toranlage der inneren Befestigung.

Periode bedeutete das endgültige Ende der Befestigung. Drei der früher insgesamt sechs Siedlungen blieben bis gegen Ende der frühromischen Zeit bewohnt.

Aufgrund der gut erhaltenen Steinmauer wie auch der Reste der Holzkonstruktionen votierten die Experten bereits während der Grabungen für die Erhaltung und Konservierung des Areals. Die Bedeutung des Fundortes und seine Lage in einem touristisch interessanten Gebiet führten schließlich tatsächlich dazu, daß das gesamte Gelände unter Denkmalschutz gestellt wurde. Gleichzeitig entstand ein Konzept für die beabsichtigte Konservierung und den teilweisen Wiederaufbau ausgewählter Objekte. Die an einigen Stellen noch bis zu zwei Meter aufgehende Umfassungsmauer der östlichen Terasse wurde statisch abgesichert und durch eine Abdeckung aus Mauerwerk und Rasensoden geschützt. Aufgehende Holzkonstruktionen der beiden freigelegten Toranlagen wurden in der Seitenansicht angedeutet (Abb. 2). Die einzelnen Bestandteile der Opferstätte wurden mit geringen Ergänzungen originalgetreu nachgebaut. In die in den anstehenden Flysch eingehauenen Pfostenlöcher setzte man stelenartige Säulen und Baumstümpfe ein. Um den Besuchern die Atmosphäre der Opferstätte nahe zu bringen, wurden die teilweise von der Natur vorgeformten Teile frei mit aufgefundenen Ornamenten verziert (Abb. 3).



Abb. 3: Nordteil der Opferstätte.

Zur Veranschaulichung der inneren Notbebauung der frühromischen Kaiserzeit wurde eines der freigelegten, in den Hang eingetieften Wohnhäuser rekonstruiert. Fundamentumrisse geben einen Eindruck der detailliert erhaltenen Holzreste der mittelalterlichen Kleinburg des 12. bis 15. Jahrh. wieder. Nur der Eckturm und die Palisadenpfosten erreichen die vermutliche Konstruktionshöhe der Anlage auf dem Berggipfel.

Auf der ehemaligen Grabungsfläche am nordöstlichen Fuß des Berges wird als Beispiel der spätlätenezeitlichen Dorfbebauung ein Gehöft mit Haus, Stall, Brunnen und Töpferei aufgebaut. Vom Brunnen abgesehen stammen alle Gebäude aus den untersuchten, heute überfluteten, Siedlungen (Abb. 4). Für die Rekonstruktion wurden besonders gut erhaltene Gebäude mit



Abb. 4: Das eisenzeitliche Gehöft.

eindeutigen Hinweisen auf die Holzkonstruktion und das Mobiliar ausgewählt. Eine besonders reizvolle Aufgabe war der Nachbau eines zweiräumigen Wohnhauses. Für seine auf die Außenwände gestützte, fast ohne Blockwände gebaute Dachkonstruktion fehlen bisher Parallelen. Die hier gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse sollen an anderer Stelle vorgelegt werden. Im Mittelpunkt dieses Berichts steht die spätlätenezeitliche Töpferwerkstatt, in der ur Zeit mit der Herstellung von Keramik experimentiert wird.

Die Töpferei stammt aus Siedlung VII und datiert in die Spätlatènephase D1. In der Mitte eines Stampflehmbofens standen vier, in einem Quadrat angeordnete Pfosten, in die Anlage umgebendes Gräbchen diente vermutlich als Abwasserrinne. Der Rekonstruktion zufolge trugen die vier oben gegabelten Pfosten einen Rahmen, auf dem die langen Rofen einer Zeltdachkonstruktion ruhten. Zur Verbindung wurden Streifen aus eingeweichem Rindsleder und Weißdornstifte verwendet (Abb. 5). Im vorderen Teil der Hütte stand ein vertikaler Zweikammerofen mit einer Lochtenne und zwei Heizkanälen. Unter der zusammengebrochenen Kuppel mit den Öffnungsteilen fanden wir den vollständigen Einsatz fertig gebrannter Keramik. Der Ofen wurde in situ konserviert und als Blockbergung an das Regionalmuseum (Liptovské múzeum Ruzomberok) übergeben. Angesichts der Keramik aus diesem Ofen, aber auch eines



Abb. 5: Die Töpferei.

weiteren, weniger gut erhaltenen Ofen wurde hier eine qualitätsvolle, auf der schnell rotierenden Töpferscheibe geformte Keramik produziert. Die in der Siedlungskeramik ansonsten überwiegende handgefertigte Keramik ist in der Werkstattproduktion nur spärlich vertreten.

Beim Ofenbau wurde die Orientierung der Anlage berücksichtigt. Die technischen Details wurden am Original eingehend untersucht, die Rekonstruktion der Kuppel entspricht den erhaltenen Fragmenten. Die österreichischen Kollegen Dr. H. Windl und Dr. A. Kern halfen mit wichtigen Hinweisen.

Zuerst wurden die eingetieften Teile des Ofens ausgehoben und mit einer dicken Lehmschicht verschmiert. Anschließend wurde die runde Lochtenne mit einem Durchmesser von 100 cm gebaut. Auf eine waagerechte Holzschalung mit den Fugen für die Tennenlöcher wurde schichtweise geschlämmter, leicht gemagerter Lehm aufgetragen, bis eine flache, etwa 10 cm starke Scheibe entstand. Die Tennenöffnungen wurden markiert und ausgeschnitten. Nach der Herstellung der Tenne entstand die Kuppel. Lehmziegel (20 x 30 x 8 cm) wurden in waagerechten Reihen ausgelegt, die Verbindungsflächen sorgfältig miteinander verstrichen und bei Bedarf von innen gestützt (Abb. 6). Dem Originalbefund entsprechend wurde die Kuppel ohne Gerüst aufgebaut. Die Abmessungen der kragenförmig verstärkten Mündung des

Abzuges entsprechen der Gesamtsumme der Tennenlöcher, bzw. den beiden Heizkanälen. In der Kuppel können 80 bis 90 mittelgroße Gefäße gestapelt werden. Der Ofen war nur teilweise überdacht, um die Feuergrube vor Regen und Wind, zugleich aber auch um die Dachkonstruktion vor hochschlagenden Flammen zu schützen.

Zur Keramikherstellung wurde eine fußbetriebene, gegen den Uhrzeigersinn rotierende Hafnerscheibe mit einem schweren hölzernen Schwungkörper gebaut. Die auf der aufgefundenen Keramik sichtbaren Drehspuren ermöglichten diese Rekonstruktion. Die technische Vorrichtung besteht aus einer mit der Töpferscheibe und dem Schwungrad verbundenen Achse. Das zugespitzte Unterteil bewegt sich in einem mit Speckschwarten ausgepolsterten Holzlager. Der obere Teil der Achse ist im Körper einer Holzbank fixiert. Der Töpfer sitzt rittlings über der Scheibe und treibt mit dem rechten Fuß das Schwungrad an.

Nach mehreren unbefriedigenden Versuchen mit verschiedenen Tonarten entdeckten wir auf der Grabungsfläche eine Lehm-schicht, die nach entsprechender Reinigung, Schlämmung und Aufbereitung dem ursprünglichen Ton der feinen spätlatenezeitlichen Drehscheibenware entspricht. Aus diesem Lager wurde dann auch das Material für das experimentelle Töpfern geholt. In den einzelnen Serien wurde das gesamte scheidengedrehte und handgemachte Gefäßspektrum bis zu einer Gefäßhöhe von etwa 45 cm nachgedreht. Auch Graphittonware wurde nachgeahmt, wobei der etwa zehnpromtente Graphitanteil aus zerriebenen Graphittonscherben gewonnen wurde. Eine Töpferin half bei den Vorbereitungen. Die gedrehte Keramik wurde auf der eingangs beschriebenen Töpferscheibe hergestellt. Nur bei größeren Serien wurde aus Zeitgründen auf die Maschinen einer gewerblichen Töpferei zurückgegriffen. Das Trocknen der fertigen Gefäße dauerte je nach Tagetemperatur 7 bis 10 Tage.



Abb. 6: Bau der Ofenkuppel.

Die der Originalkeramik entsprechende Oberflächenbehandlung erzielte man am besten auf den getrockneten Gefäßen. Nach einem leichten Abreiben mit einem nassen Lederlappen wurde die feuchte Oberfläche mit einem glatten Gerät (Horn, Kieselstein, usw.) poliert. Waren die Gefäße zu trocken oder zu feucht, konnte der den Originalen eigene gleichmäßige Glanz nicht nachgeahmt werden, da Gerätespuren sichtbar blieben. Um die Ritzverzierungen auf der feinen gedrehten Keramik (umlau-fende Rillen und Wellenbänder) nachzuahmen, plazierte man die lederharten Gefäße auf die Drehscheibe gestellt. Komplizierte, von hand freikonzipierte Muster wurden vor den Polieren aufgebracht.

Die genaue Untersuchung der bemalten Keramik hat gerade erst begonnen. Bei unseren Nachbildungen haben wir besonderes auf Herstellungsweise und Verzierungstechnik geachtet. Auf die geglättete, trockene Außenwand wurde auf einer langsam rotierenden Drehscheibe mit einem gesättigten Pinsel der Schlicker der Grundfarbe aufgetragen. Nach dem Trocknen wurde die komplizierte Gitter- und Metopenbemalung freihändig oder mit Hilfe einer Schablone (aus einem weichen organischen Material wie z.B. Leder) aufgetragen. Bisher wurden weiße, rote und braune Tonschlicker verwendet, die nach dem oxydierenden Brand farbstabil, bei leichter Reduktion etwas dunkler, den Vorbildern besser entsprechend, gerieten. Die häufig

dunkelgrauen bis schwarzen Farben stammen von einem roten Schlicker bei Reoxydierung eines Reduktionsrauchbrandes.

Bau und Trocknen des Ofens dauerte 20 Tage, was nicht zuletzt Folge einer Überschwemmung nach einem schweren Regenfall war. Nach mehrmaligem Feuern war die Tennenschallung gebrannt und Stichflammen erreichten das Kuppelinnere. Nach jeder Erwärmung mußten Risse in Feuerungskanälen und Ofenmantel verschmiert werden. Nachdem die Tenne rot gebrannt war, haben wir den Ofen so aufgeheizt, daß die Kuppel ziegelrot blieb. Angefeuert wurde mit Heu und Häcksel. Zum Brand wurden 1,2 m³ Kiefernholzscheite benötigt. Diese Holzart wurde bei der Untersuchung des Ofens nachgewiesen. Eine Mischung von Buche und Kiefernholz hat sich ebenfalls bewährt. Zur Wärmedämmung wurden die Heizkanäle und der untere Teil der Kuppel mit einer Lehm-schicht abgedeckt. Beim reduzierenden Rauchbrand wurden vor dem rauchdichten Vermauern der Heizkanäle und dem Abdecken der Kuppelöffnung feuchtes Laub und Sägemehl, zuweilen vermischt mit Pechbrocken, auf das Feuer gelegt.

Bei dem ersten Brennen mit geringem Einsatz wollten wir zunächst Erfahrung sammeln über die Ofenleistung und seine Eigenschaften. So stellte sich heraus, daß während der ersten Brandphase die Temperatur im hinteren Bereich der Tenne höher lag als im vorderen, hier stieg sie langsamer. Deshalb haben wir die zu intensiv brennenden Durchlässe mit Scherben verkleinert oder völlig abgedeckt. Dieses Verfahren haben wir bei verschiedenen vor- und frühgeschichtlichen Lochtennenöfen beobachtet. Ein größeres Einsatzvolumen akkumulierte die Hitze im Brennraum besser und die ineinander gestapelte Ware erhielt eine gleichmäßige, durch die Reduktion leicht dunkle Färbung. Beim achten Brand setzten wir zu viele Gefäße in den Ofen und beim Überfeuer brach die Tenne an einer Stelle. Dabei zerbrachen einige Gefäße. Bei Höchsttemperaturen während einer Überfeuerung brannte die über den

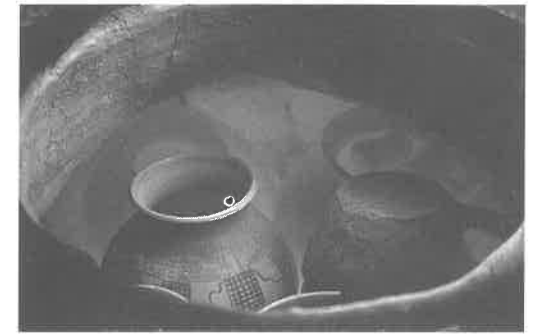


Abb. 7: Blick in den Brennraum nachdem im oberen Bereich der Kuppel die Temperatur 650° C erreicht wurde.

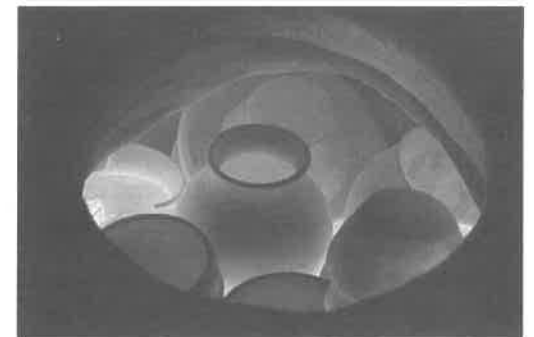


Abb. 8: Die dunkelrot glühende Keramik bei der Innentemperatur um 800° C.

Pfeiffen aufgestapelte Keramik durch auflodernde Stichflammen durch.

Nach den ersten drei Brennversuchen mit etwa 20 eingesetzten Töpfen wurden fünf Versuche mit verschiedenen Zielsetzungen durchgeführt. Zur Kontrolle der Temperatur wurden Segerkegel bis 925° C verwendet. Das Anfeuern mit langsam steigender Intensität (Vorfeuerung) dauerte 3-4 Stunden, bei ungenügend getrockneter Keramik auch länger. Dann wurde bis zum Erreichen der gewünschten Temperatur kräftig geheizt und die Hitze etwa 2 Stunden gehalten (Abb. 7 u. 8). In den einzelnen Serien wurden verschiedene Varianten des Brennens untersucht: Brand in reduzierender und oxydierender Atmosphäre, sowie



Abb. 9: Die fertige, zum Teil durch die Überfeuerung beschädigte Keramik des 8. Versuchsbrandes.

Reduktion durch Rauch. Das optimale, dem Original weitgehend entsprechende Ergebnis erzielten wir sowohl durch die Reoxydation eines Reduktionsbrandes, als auch durch eine Teilabdeckung des Kuppelabzuges während der Schlußphase des Oxydationsbrandes. Die sehr langsame Abkühlung nach dem Brand nahm bis zu 12 Stunden in Anspruch, danach bestand keine Gefahr mehr für Kühlrisse. Trotz der ungenügenden Erfahrungen kam es während des Brennens nur selten zu Keramikbrüchen, die vor allem während des Vorfeuerns auftraten. Nur beim achten Versuch, als der Segerkegel im Oberteil der Kuppel stand, stieg die Temperatur im Bereich der Tenne auf über 1000° C, wobei die Pfeifen glasig verschlackten und etwa 10 % des Einsatzes durch Überhitzung beschädigt wurde (Abb. 9). Es kam dabei zu einem unbeabsichtigten Test eines Graphittongefäßes, das durch einen Riß der Tenne in den Herd gestürzt war und die Glut gut überstand. Seine Oberfläche erhielt einen teilweise ziegelroten, teilweise metallischen Glanz. Im Ofen wurden insgesamt etwa 250 Gefäße gebrannt. Nach jedem Brand wurde die Einrichtung sorgfältig untersucht und repariert. Der Ofen ist noch immer einsatzfähig. Bei voller Ausnutzung seines Volumens hätten wir über 700 mittelgroße Gefäße brennen können.

Zu den Zielsetzungen des neuen Freilicht-

museums in Liptovska Mara gehört neben der Darstellung dieser bedeutenden prähistorischen Fundstelle auch die museumspädagogische verantwortete Vermittlung vor- und frühgeschichtlichen Handwerks und des täglichen Lebens. In der Zukunft beabsichtigen wir neben der Erweiterung des Keramikprogramm (Herstellung von Vorratsgefäßen), in Vorbereitung sind Schmieden und Schmuckherstellung.

Literatur:

- CZYSZ, W. (1990): Geschichte und Konstruktion alter Töpferscheiben. In: Experimentelle Archäologie in Deutschland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland. Beiheft 4. Oldenburg: 308-314.
- MEIER, F. (1970): Die bemalte Spätlatène-Keramik von Manching. Die Ausgrabungen in Manching 3, Wiesbaden.
- PIETA, K. (1982): Die Puchov-Kultur. Nitra.
- PIETA, K. (1994): Abschluß der Grabung in Liptovská Mara. In: Die Kelten in den Alpen und an der Donau. Wien (im Druck).
- WINTER, A. (1978): Die antike Glanztonkeramik. Praktische Versuche.- Keramikforschungen III. Mainz.
- WIRSKA-PARCHONIAK, M. (1980): Produkcija ceramiczna Celtów na terenach Polski południowej. Celtic pottery production in southern Poland. In: Materiały archeologiczne Nowej Huty, 6, Kraków, 29-154.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Karol Pieta
Archäologisches Institut
der Slowakischen Akademie der Wissenschaften
949 21 Nitra, Akademická 2, Slowakei

Experimente aus Österreich - Eine studentische Arbeitsgruppe am Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Wien

Hannes Herdits

Die experimentelle Methode erlebt zur Zeit wieder einen Höhepunkt ihrer Anwendung in der Ur- u. Frühgeschichtsforschung. Aufbauend auf studentische experimentelle Arbeiten der späten 80er Jahre wurde diesem Trend folgend im Rahmen der Österreichischen Gesellschaft für Ur- u. Frühgeschichte eine Arbeitsgruppe Experimentelle Archäologie gegründet.¹

Die anfangs gestellten Aufgaben, eine Plattform für alle Interessierten zu bieten und allgemeine Hilfestellung bei der praktischen Tätigkeit zu leisten, erwiesen sich mit dem Fortschreiten der Arbeit als immer schwieriger. Jeder Experimentator weiß, wieviel Vorarbeit und Planung ein Experiment erfordert, und daß dennoch fast nach jedem Erstversuch festgestellt werden muß, wieviel man bei der Vorarbeit am Schreibtisch übersehen oder mißdeutet hat. Dieser Aufwand ist wohl am ehesten im Rahmen der Erstellung einer größeren Arbeit, wie es studentische Prüfungs- oder Diplomarbeiten und Dissertationen sind, zu bewältigen. Der Versuch sollte dabei möglichst vom Bearbeiter selbst durchgeführt werden. Er kennt die Probleme seiner Arbeit am besten und hat die nötige Voraussetzung, das Kennenlernen der materiellen Kultur mit ihrer Chronologie und Typologie, bereits erfüllt. Die Hilfestellung, die ein Universitätsinstitut zur Bewältigung der „gängigen“ Bearbeitungsweisen archäologi-

scher Materialien bietet, benötigen studentische Bearbeiter aber auch bei der methodisch und praktisch einwandfreien Planung und Durchführung von Experimenten. Unsere Arbeitsgruppe kann hier bei der Beschaffung der Rohmaterialien, durch methodische Beratung und durch Versorgung mit Fachliteratur aus unserer zu einigen Themen schon recht umfangreichen Literaturdatei den Kollegen hilfreich zur Seite stehen. Schwierig zu lösen sind dagegen finanzielle- und Platzprobleme. Die Österreichische Gesellschaft für Ur- u. Frühgeschichte und das niederösterreichische Museum für Urgeschichte in Asparn an der Zaya bieten dankenswerter Weise einige finanzielle und räumliche Mittel, doch Geld ist sehr beschränkt und Platz nur in den Sommermonaten verfügbar. Experimente zur Nutzung und Bewirtschaftung des natur- und kulturräumlichen Umfeldes sind mangels eines verfügbaren Areales bisher unmöglich geblieben.

Natürlich möchte/muß jeder von uns mit seiner Arbeit auch Geld verdienen - doch wie schafft man dabei die Abgrenzung von Wissenschaft zu reiner Vorführung und Show? Hier ist genaue Deklaration gefragt. Die ökonomischen und didaktischen Aufgaben eines Museums bleiben uns erspart, und es hat sich deshalb als gut erwiesen, experimentelle Archäologie an der Universität zu betreiben. Hier ist die Diskussion mit vielen Beteiligten möglich - experimentelle Fragestellungen und methodische Anregungen sind vielfältig. Der Rückzug von der Show in die Wissenschaftlichkeit ist uns somit jederzeit möglich. Mit fortschreitender Arbeit müssen wir uns auch verstärkt der wissenschaftstheoretischen Diskussion widmen. Wir möchten moderne Erfordernisse und Techniken nicht einfach „rückprojizieren“. Ergebnisse der sozial- und umweltkundlichen Forschungen in der Archäologie geben ein gutes Beispiel dafür ab, daß Verhältnisse in der Prähistorie eben in vielen Bereichen anders waren als die unsrigen.

Um M. Godeliers System² in die Archäologie zu übertragen: Idee und mentales Ele-

ment, also Kultur, Moden, gesellschaftliche Anforderungen und Akzeptanz ergeben zusammen die in einer Gesellschaft möglichen und angewendeten Techniken und Verfahren. Die Analyse des damals gewünschten Ergebnisses führt also möglicherweise zu richtigeren Versuchsergebnissen als ein reiner „Funktionalismus“. So sind beispielsweise die Arbeitsschneiden vieler urzeitlicher Metallobjekte ungehärtet, obwohl dies durch Kalthämmern einfach zu bewerkstelligen wäre und sicher bekannt gewesen ist. Ist hier die perfekte Technik oder nur eine gewisse Prestigefunktion gefragt gewesen? Die Anpassung des Formengutes an durch neue Materialien ermöglichte neue Techniken benötigte Zeit - Kupferäxte sind anfangs wie die alten steinernen gefertigt und haben plumpe und schwere Formen, obwohl Kupferwerkzeuge gerade durch die hier möglichen spitzen Schneidenwinkel dem härteren Stein überlegen sind. Auch vordergründige Ökonomie steht nicht immer an erster Stelle. So dienen die Gärten der Ureinwohner Neuguineas natürlich der Nahrungsmittelversorgung, aber ebenso wichtig ist die schöne Anlage und ihre richtige Einfügung in die Natur. Die „beste Technologie“, in der Landwirtschaft der schwere Pflug, wurde wohl einfach oft deshalb nicht verwendet, weil sie zu teuer war: der Pflug erforderte Zugtiere, die unterhalten werden mußten. Nicht nur die perfekte Technik, auch der geringste Arbeitsaufwand für einen Gegenstand könnte gefordert gewesen sein.

Wir unterliegen bei unseren Experimenten natürlich der Versuchung, einmal erprobte und „funktionierende“ Techniken auf alle ähnlichen Befunde zu übertragen. Doch das Beispiel der afrikanischen Eisenreduktionsanlagen in ihren vielfältigen Ausführungen zeigt, daß ein klar definiertes Ergebnis auf sehr unterschiedliche Art erreicht werden kann. Der „Das haben wir immer schon so gemacht“-Standpunkt, in Kombination mit neuen Entdeckungen und äußeren Einflüssen, ließ vielleicht auch bei scheinbar einfachen Techniken eine größere Variationsbreite an Ausführungs-

möglichkeiten entstehen. Wir glauben daher, daß auch bei vordergründig gleichartigen Funden eine genaue Kritik des Einzelfalles erfolgen sollte. Überhaupt steckt das Problem, wie die Erfahrung zeigt, bei vielen Versuchen meist im Detail. Es führt zu nichts, ganze Häuser mit all ihren technischen Details zu bauen, solange wir das Geräteinventar einer Epoche und die damit herstellbaren Holzverbindungen nicht detailliert behandelt haben.

Es steht außer Frage, daß aussagekräftige und nachvollziehbare Experimente einer genauen Dokumentation bedürfen. Die Vorgangsweise muß der Fragestellung angepaßt und vor jedem Experiment kritisch überprüft werden. Die eigentlichen Probleme tauchen aber spätestens bei der Auswertung auf, nämlich dann, wenn „die Wahrscheinlichkeit des von uns erstellten Geschichtsbildes“ beurteilt werden soll. Denn als Archäologen können wir mit all unseren gemessenen Daten keine naturwissenschaftlichen Gesetze definieren. Wir müssen zwar urteilen, immer aber auch kritikfähig bleiben. Das wichtigste Meßinstrument ist also der Experimentator selbst. In Übertragung des Wortes von C. Lévi-Strauss, in der Unangepaßtheit des Forschers an die eigene Kultur läge die größte Chance der ethnologischen Arbeit³, möchten wir auch für uns diese Unangepaßtheit an die eigene materielle Kultur so weit als möglich erreichen, um eben nicht die Äquivalenz, sondern die Andersartigkeit archäologischer Materialien herauszuarbeiten.

Einige Experimente

Der vorgegebene Rahmen erlaubt die vollständige Wiedergabe mehrerer Experimente nicht. Wir möchten daher einige Versuchskategorien nur im Überblick vorstellen.

Ein Steinbeil in vier Stunden

Herstellung und Gebrauch von geschliffenen neolithischen Steingeräten waren nie

Gegenstand von eigentlichen Experimenten unserer Arbeitsgruppe, sondern nur von Vorversuchen und Vorführungen. Wir beschäftigten uns dabei auch mehr mit der Herstellung von Beilschäften aus verschiedenen Holzarten als mit den Klingen selbst. Einige Überraschungen erlebten wir allerdings bei der Arbeit mit Kindern. Ein etwa zehnjähriger Junge, der mittels einer Unterlagsplatte aus Granit, scharfkörnigem Quarzsand und etwas Wasser einen Amphibolitrohling (Mohshärte 5-6) bearbeiten sollte, kam nach etwa vier Stunden (ein Vormittag) stolz zu uns, um ein von ihm in dieser Zeit perfekt zugerichtetes und geschärftes Beil zu präsentieren (Abb 1).

Magnetisches Kupfer

Die generelle Feststellung, sekundäre Kupfererze wie Malachit und ähnlich leicht reduzierbare Minerale seien im ehemals vergletscherten Alpenraum der Erosion zum Opfer gefallen und hatten daher den chalkolitischen Metallurgen nicht zur Verfügung gestanden, trifft nur bedingt zu. Denn auch nachweislich kam es unter günstigen Bedingungen, etwa in Klüften, zur Bildung kleiner Sekundärlagerstätten. Material einer dieser winzigen Lagerstätten verwendeten wir für Reduktionsversuche, wobei enge (30-40 cm) und hohe (etwa 1 m) Schachtföfen mit Einzeldüse und Abstich eingesetzt wurden. Bei Temperaturen von durchschnittlich 1300° C und einem Erz-Holzkohle Verhältnis von 1:1 erhielten wir im Regelfall einen am Ofenboden festgeschmolzenen Schlackenklötz mit darin eingeschlossenen Kupferkügelchen von 1-8 mm Durchmesser. Die Metallausbeute betrug dabei jeweils etwa 10 % vom eingesetzten Erzgewicht. Neben einem hohen (ca 4%) lagerstättenbedingten Arsengehalt zeigte das so produzierte Metall eine Eigenschaft, die bei frühem Kupfer sonst nicht festzustellen ist: der Gehalt an Eisen war so hoch, daß sich einzelne Kügelchen mit einem Magnet anheben ließen. Unsere Öfen wurden also viel zu heiß gefahren. Die dadurch entstehenden, übermäßig reduzierenden Bedingungen hatten deshalb einen Großteil des im Erz vorhandenen



Abb. 1: Steinbeil mit Schaft aus dem besonders zähen Cornelkirschenholz.

Eisens in das Kupfermetall geführt. Kupferzeitliche Metallurgen dürften daher wohl kaum Schachtföfen und hohe Temperaturen eingesetzt haben.

Aus unserem Kupfer hergestellte Beile und Dolche erwiesen sich als ausgezeichnete Werkzeuge: im praktischen Vergleich waren geschliffene Steinbeile den kupfernen weit unterlegen. Kupferbeile werden zwar an der Schneidenkante schneller stumpf als Amphibolitklingen, doch durch die viel spitzere Schneidenwinkel wird ein tieferes Eindringen in das Holz ermöglicht. Bäume können schneller gefällt, Holzverbindungen exakter ausgeführt werden. Häufiges Umschmelzen verschlechterte die Metallqualität. Der beispielsweise für eine gute Dolchklinge nötige höhere Arsengehalt hatte sich nach fünfmaligem Umschmelzen so weit verringert, daß aus diesem Metall gerade noch ein passables Beil hergestellt werden konnte. Positiverweise ebenfalls verringert wurde der für die Qualität schlechte Eisengehalt durch Bildung einer Schlacke mit dem Lehm der verwendeten Gußlöffel.

Da Kupfer, bei hohen Temperaturen ohne ausreichende Schlackendecke geschmolzen und in zu kalte Formen gegossen, stark entgast, zeigen sich an den Rohlingen oft Blasen, die auch nach dem Warm/Kalthämmern und Überschleifen größtenteils sichtbar bleiben. Die Lage die-

ser Blasen, beispielsweise am Beilkörper, ist jedoch abhängig von der verwendeten Gußform: beim offenen Herdguß liegen sie meist im Zentrum der Breitseiten, beim Guß in die stehende, doppelschalige Form treten sie gehäuft am Beilnacken auf (Abb 2, 3, 4).

Metall aus Sulfiderzen

Basierend auf dem Befund einer bronzezeitlichen Kupferhütte im salzburgischen Mühlbach/Hochkönig versuchen wir in derzeit laufenden Experimenten, die Herstellung von Kupfer aus Kupferkieserz zu rekonstruieren. Dieses Erz ist nicht direkt reduzierbar und erforderte einen möglicherweise mehrstufigen Schmelzprozeß⁴ (Abb 5, 6).

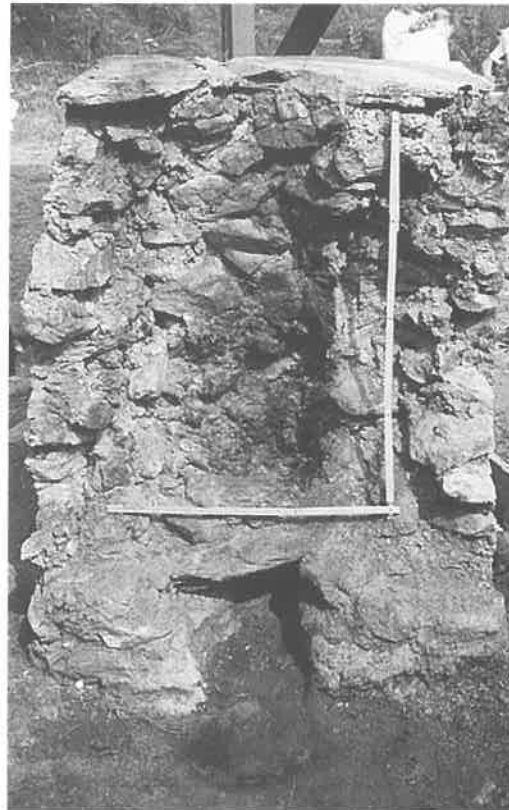


Abb. 2: Schachtofen zur Verhüttung von sekundären Kupfererzen.



Abb. 3: Kupfer kann mit einem Steinhammer warm geschmiedet werden.



Abb. 4: Beilklinge aus Kupfer, das durch Reduktion sekundärer Kupfererze gewonnen wurde.

Ist Eisen billiger als Bronze?

Zuerst nicht, dann schon, möchte man meinen, wenn man den spärlichen frühen Einsatz des Eisens als Schmuckmetall seiner massenhaften Verwendung spätestens ab dem vierten Jahrhundert gegenüberstellt. Nachdem Eisenerze fast überall in ausreichendem Maße zur Verfügung standen, dürfte diese „Wertminderung“ in Zusammenhang mit verbesserten Gewinnungsverfahren zu sehen sein. Bei unseren Versuchen mit Kupfererzen war immer auch Eisen in unterschiedlicher Form vorhanden: In erster Linie natürlich als schlackenbildendes Element, dann als



Abb. 5: Schnitt durch einen Ofen zur Verhüttung von Kupferkies. Vor den Düsen liegt ein Schlackenklötz mit Kupferstein, metallischem Kupfer und einigen Eisentröpfchen. An der Rückwand befindet sich ein Schamotterrohr zur Einführung eines Temperaturmeßfühlers.

störende Beimengung in aus Sekundärerzen erschmolzenem Kupfer und schließlich, bei Experimenten mit Kupferkieserz, in Form kleiner Kügelchen aus metallischem Eisen. Setzt man den Einsatz mehr reduzierender als oxidierender Verfahren zur Gewinnung von Kupfer in der Spätbronzezeit voraus, so dürfte nicht selten auch Eisen in metallischer Form aufgetreten sein.

Versuche mit Eisen

Bei den konkret der Eisengewinnung ge-

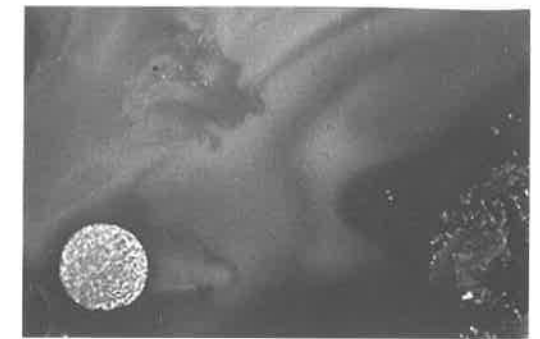


Abb. 6: Kupfermetall und -oxid in einer Refinementsschlacke.

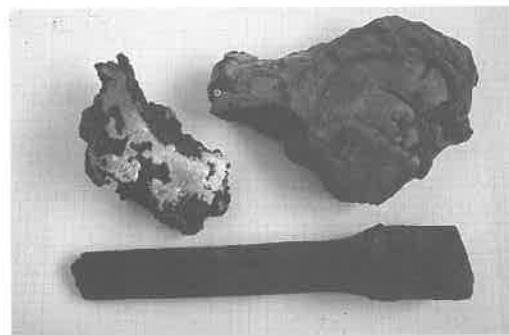
widmeten Experimenten ging es hauptsächlich um den Vergleich der Effizienz von Schlacken grubenöfen einerseits und von Schachtofen mit Abstich andererseits. Die nach einem kaiserzeitlichen Befund aus der germanischen Siedlung im niederösterreichischen Zaingrub rekonstruierten Schlacken grubenöfen ohne Abstich lieferten dabei oft mehr Eisen, als die mit dem gleichen Erztyp beschickten Schachtofen. Die in der Reduktionszone gebildeten Eisenfolien sanken an der Oxidationszone im Düsenbereich vorbei in die Schlacken gruben ab, konnten jedoch nicht zu einer kompakten Luppe versintern. Im Abstichofen blieben die ausreduzierten Eisenteilchen im Ofengestell knapp unterhalb der Düsen liegen, konnten in diesem Hochtemperaturbereich zusammensintern, verbrannten aber zum Teil wieder. Eine größere Ausbeute schwer verschweißbaren Eisens aus dem Schlacken grubenofen stand also einer geringeren Menge einfach weiterzuverarbeitenden Luppeneisens aus dem Abstichofen gegenüber. Bei den darauffolgenden Schmiedeversuchen konnten aus den Abstichofenluppen nach einer wenig aufwendigen Homogenisierung sofort Gebrauchsgegenstände hergestellt werden, während die aus dem Schlacken grubenofen stammenden Folien zuerst einem aufwendigen Versinterungsprozeß zugeführt werden mußten⁵ (Abb 7 - 11).



7



9



10

Abb. 7: Eisenproduktion im Schlackengrubenofen
Abb. 8: Abstich bei der Eisenproduktion im Schachtofen.
Abb. 9: Die erste Verdichtung der Luppe erfolgt mit dem Holzhammer, um Risse zu vermeiden.



8



11

Abb. 10: Toneisenstein, Schachtofenluppe und fertiger Barren.
Abb. 11: Die fertige Axt aus Rennfeuereisen läßt die Problematik des Materials, Rotbrüchigkeit und teilweise schlechte Schweißbarkeit, erkennen.

Wie kommt das Zinn in die Bronze?⁶

Die Erhaltungsbedingungen für metallisches Zinn sind in unseren klimatischen Verhältnissen bekannterweise nicht gerade günstig. Dennoch ist das Fehlen von Zinn in frühbronzezeitlichem Fundgut und sein vergleichsweise doch häufigeres Auftreten in spätbronzezeitlichem Kontext auffällig. Nun kann Zinnmetall aus oxidischen Erzen natürlich relativ einfach gewonnen werden. Experimente dazu führten wir im Schachtofen durch, wobei die notwendigen Temperaturen bei 1300° C lagen. Ein Erz:Holzkohle Gewichtsverhältnis von 1:2 erwies sich als günstig. Die zum Aufschmelzen der Gangart und zur Erreichung der notwendigen Reduktionstemperatur eingeblasenen großen Windmengen führten aufgrund der Reoxidation vor den Düsen zu großen Verlusten an Zinnmetall. Das auf diese Weise produzierte Zinn wurde mit Kupfer zu Bronze legiert.

Es gibt allerdings auch eine andere Methode, das Zinn in die Bronze zu bringen. Dazu konstruierten wir einen Schmelzherd in Form einer einfachen Vertiefung im Boden mit angebauter Hitzeschutzwand und ins Zentrum des Herdes gerichteter Düse. In dieser Vorrichtung schmolzen wir Kupfer bei Temperaturen um 1150° C auf und streuten gemahlene Kassiterit direkt auf die Schmelze. Als Produkte erhielten wir Zinnbronze und Bronzeschlacke, deren Unterscheidbarkeit von originalen „Bronzegußschlacken“ noch festzustellen sein wird. Der Verlust an Zinn war weit geringer als bei der Herstellung im Schachtofen. Die Vorteile dieses Verfahrens - geringer Holzkohlebedarf, niedrige Temperaturen und geringer Metallverlust - lassen unserer Meinung nach an einen Handel mit Zinnerzen statt Zinnmetall in Früh- und Mittelbronzezeit denken. Möglicherweise entschloß man sich erst aufgrund der Erschließung von geographisch entfernteren Lagerstätten für den Zinnhandel dazu, Metallverlust in Kauf zu nehmen, um nur das dem schweren Erz gegenüber handlichere fertige Metall transportieren zu müssen (Abb 12, 13).



Abb. 12: Schachtofen zur Reduktion von Kassiterit.



Abb. 13: Schmelzgrube zur „direkten“ Bronzeherstellung

Bronzeguß und Knochenverarbeitung sind seit kurzer Zeit ebenfalls Gegenstand von Versuchen unseres Arbeitskreises - für die Kategorie Keramik sei hier auf den ausführlicheren Beitrag von N. Tuzar und H. Reschreiter in diesem Band verwiesen.

Anmerkungen

- 1) H. HERDITS, N. MESENSKY, J. RESCHREITER (1991): Experimentelle Archäologie. Archäologie Österreichs 2/2, 57 f.
- 2) M. GODELIER (1986): The Mental and the Material. Thought Economy and Society. London-New York
- 3) C. LÉVI-STRAUSS, D. ERIBON (1989): Das Nahe und das Ferne. Eine Autobiographie in Gesprächen. Frankfurt
- 4) H. HERDITS (1994): Zum Beginn der experimentaltarchäologischen Untersuchung einer bronzezeitlichen Kupferverhüttungsanlage in Mühlbach/Land Salzburg. Archaeologia Austriaca, in Druck;
- 5) H. HERDITS (1990): Schmelzversuche mit einem rekonstruierten kaiserzeitlichen Rennofen aus der germanischen Siedlung von Zaingrub. unpubl. Proseminararbeit, Inst. f. Ur- u. Frühgeschichte d. Univ. Wien.
- 6) (1994): Ein kurzer Beitrag zu diesem Thema ist für Archäologie Österreichs 1995 in Vorbereitung.

Anschrift des Verfassers

Hannes Herdits
Vorgartenstraße 62-66, 1/1/1
A-1200 Wien

Anschrift des Arbeitskreises

Arbeitskreis Experimentelle
Archäologie der ÖGUF,
Inst. f. Ur- u. Frühgeschichte der
Universität Wien
Franz Klein G. 1
A-1190 Wien

Vorgeschichtliches Getreide im Unterricht - Vom Anbau bis zum Verzehr

Erweiterung des Geschichtsunterrichts
durch Ideen aus der
Experimentellen Archäologie

Maria Pfaffinger, Margit Späth-Pleyer und
Robert Pleyer

Geschichte hat wie kein anderes Fach Möglichkeiten, Hilfe zu leisten beim Aufbau von Werten und Einstellungen. Wenn im Geschichtsunterricht Wissen über wichtige Epochen der Vergangenheit vermittelt werden, soll beim Schüler das Verständnis für Lebenszusammenhänge der Gegenwart und der Zukunft geweckt werden. Die Auseinandersetzung mit unserer menschlichen Vergangenheit hat die Aufgabe, dem Schüler das Verbundensein mit denen, die vor uns gelebt haben und die Verantwortung für die Nachfolgenden ins Bewußtsein zu heben. Angesichts dieser Rolle des Geschichtsunterrichts im Fächerkanon sind Unterrichtsmethoden notwendig, die Bewußtwerdungsprozesse im Schüler nachhaltig anbahnen. Einig sind sich hier alle Pädagogen, daß dies nur ganzheitlich, nach Pestalozzis Forderung (mit Herz, Kopf und Hand) erreicht werden kann. Ein handlungsorientierter Unterricht, in dem Schüler persönliche Erfahrungen und Fähigkeiten in eigenes Handeln umsetzen und unmittelbar erleben können, erleichtert dem Schüler das Verständnis für komplexere Zusammenhänge. Selbständiges Planen, Erkunden, Beobachten, Untersuchen,

Erproben, Vergleichen, Herstellen, Dokumentieren und Interpretieren ermöglichen dem Schüler so die aktive Auseinandersetzung mit Unterrichtsthemen. Dabei soll der Unterricht sowohl kindgerecht als auch sachorientiert sein.

Groß ist deshalb das Interesse von seiten der Schulen, wenn es gilt örtliche Grabungen zu besuchen und dabei Forschungsergebnisse und Forschungsmethoden zu erfahren. Meist sind jedoch alle Beteiligten (Schüler, Lehrer, Grabungsteam) enttäuscht. Verfärbungen auf einer Grabungsfläche und grobgereinigte, winzige Scherben haben für die Schüler wenig Aussagekraft. Dies war auch die Ausgangssituation einer Grabung im östlichen Niederbayern (Untergaiching, Rottal), bei der eine jungsteinzeitliche Siedlung freigelegt wurde. Die örtliche Presse meldete für dieses Gebiet sensationelle Grabungsergebnisse und Funde.

Zahlreiche Lehrer meldeten daraufhin den Besuch ihrer Schulklasse an. Die hohen Erwartungen, die die Schüler angesichts der Sensationsmeldungen mitbrachten, konnte das Grabungsteam nicht erfüllen. Bereitgelegte Pläne und einzelne bereits restaurierte Gefäße vermochten die Schüler nicht zu begeistern. So entstand die Idee, speziell für Schulklassen Vorführungen aus dem Bereich der Experimentellen Archäologie zu geben. Gezeigt wurde der Nachbau von jungsteinzeitlichen Kuppelöfen aufgrund gewonnener Grabungsbefunde, die Herstellung und der Einsatz von Steinbeilen, die Fertigung von Steinsicheln und ähnlichem. Neben der Grabungsfläche bot sich auch die Möglichkeit auf einem kleinen Areal vorgeschichtliches Getreide anzubauen, das schließlich mit Silex-Sicheln geerntet wurde.

Die Erfahrungen, die in zahlreichen Versuchen und Vorführungen mit verschiedenen Schulklassen gemacht wurden, führten schließlich zur Projektidee - Vorgeschichtliches Getreide - Vom Anbau bis zum Verzehr.

Getreideanbau

Dieser Begriff kennzeichnet in der Menschheitsgeschichte den Übergang von der aneignenden Wirtschaftsform der Jäger und Sammler zur produzierenden Wirtschaftsform der Bauern. Man spricht auch von der „neolithischen Revolution“. Der Getreideanbau ist Dreh- und Angelpunkt dieses Wandels. Dies sollte für die Schüler und mit den Schülern so einprägsam wie möglich gestaltet werden.

Ziele des Projekts

- Sachgerechte Wissensvermittlung. Wie lebten die Menschen der Frühzeit? Ausgehend von Grabungsfunden und -befunden, wird versucht, das Leben der Menschen damals zu beschreiben
- Lebendiger Geschichtsunterricht. Durch Nachbauten sollen Funde und Befunde veranschaulicht werden.
- Praktisches Lernen. Die Schüler sollen mit rekonstruierten Gerätschaften arbeiten. Sie sollen mit den Techniken und Möglichkeiten der Steinzeit ein Getreidefeld anlegen und pflegen, anschließend das Getreide ernten, weiterverarbeiten und lagern. Einfache Feldbaumethoden sollen den Kindern begreifbar gemacht werden. Arbeitstechniken wie Beobachten und Dokumentieren sollen geübt werden.
- Der Unterricht soll fächerübergreifend sein. (Das Thema wird in Zielschwerpunkten aus den Fächern Biologie, Erdkunde und Geschichte beleuchtet und bearbeitet.)
- Werteerziehung. Die Schüler sollen einen emotionalen Zugang zu einem unserer Hauptnahrungsmittel bekommen. Probleme des Getreideanbaus in der 3. Welt sollen näherrücken und begreifbar werden.

Zur Verwirklichung dieses Projekts war das Autorenteam auf die enge Zusammenarbeit mit Schulen angewiesen. Es war nicht einfach, für projekt- und handlungsorientiertes Lernen aufgeschlossene Schulleiter zu finden. Das Lehrerkollegium sollte zur

Teamarbeit bereit sein und es sollte nach Möglichkeit ein Sponsor und ein in der Nähe der Schule gelegenes Versuchsfeld gefunden werden. Große Überzeugungsarbeit in Form von Vorträgen und Vorführungen war von Nöten, um die Ziele des Projekts so anschaulich wie möglich den Beteiligten zu vermitteln. Schließlich konnten mehrere Schulen für diese Art des Unterrichts und der Zusammenarbeit gewonnen werden.

Feldvorbereitung und Aussaat

oder Die Aktion mit Kinderpflug, Ochsen-
gespann und Vierscharrerpflug

Besonders günstig waren die Bedingungen an der Schule in einem kleinen Ort in Niederbayern, im Zentrum des Gäubodens gelegen (Künzing). Dort konnte der örtliche Museumsverein als Sponsor gewonnen werden. Dankbar nahm dieser die Idee auf, um seinerseits für die Errichtung eines Museums zu werben. Ein Bauer stellte eine Fläche von ungefähr 2000 m² als Versuchsfeld zur Verfügung. An einem Herbstwochenende begann dort das Projekt mit einer großen Aktion, bei der nebeneinander ein schwerer Traktor mit Vierscharrerpflug, ein Ochsen-
gespann mit einem frühbronzezeitlichen Holzpflug (Nachbau- Fiavé) und ein einfacher Holzpflug, gezogen von vier Kindern, im Wettbewerb standen. Mehr als 1000 Menschen beobachteten mit Begeisterung dieses Spektakel. So konnte das geplante Schulprojekt einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt werden. Den Schülern sollte damit der große Fortschritt in der technischen Entwicklung deutlich gemacht werden.

In anderen Schulen wurden die Versuchsfelder von den Schülern ohne die üblichen Gartengeräte vorbereitet. Bei feuchtem Bodenzustand war eine Bearbeitung mit einem einfachen jungsteinzeitlichen Furchenstock (Astabzweig in der Gestalt einer Eins) möglich. Einige Schüler hatten auch die Aufgabe, in der Natur nach geeignetem Material für ein Werkzeug zu suchen, mit dem man den Boden lockern und auf-



Abb. 1: Feldbereitung mit einem Holzpflug, gezogen von Schülern.



Abb. 2: Einkleben der Klingen in den Schaft mit Birkenpech.

reißen kann, oder mit dem man Saattrillen ziehen kann.

Die Aussaat der frühen Getreidesorten Emmer, Einkorn und Dinkel übernahmen die 3. Klassen der Schulen, da das Thema „Getreide“ zum Unterrichtsstoff dieser Jahrgangsstufen gehört. Grundsätzlich sind für unsere Urweizenarten zwei Anbau-
termine möglich: Frühjahr und Herbst. Sorten, die zu wenig frosthart sind, um den Winter zu überstehen, nennt man Sommergetreide (Sommereinkorn, Sommeremmer). Sie werden je nach Witterung und regionaler Lage Mitte März bis Mitte April angebaut, sobald der Boden frostfrei und einigermaßen aufgetrocknet ist. Genügend kälteresistente Sorten baut man als Win-



Abb. 3: Herstellung von Klingen aus Feuerstein.

tergetreide ca. Mitte September bis Mitte Oktober an. Ausgesprochenes Wintergetreide braucht unbedingt den Frostanreiz als Stimulanz, damit es im darauffolgenden Frühjahr und Sommer Halme treibt. Anbauversuche von Emmer und Einkorn zu jeweils anderen Terminen (Frühjahr und Herbst) brachten recht unterschiedliche Ergebnisse. Die Höhenlage und regionale Boden- und Klimaeinflüsse spielen dabei eine bedeutende Rolle. So brachten Emmer und Einkorn im Bayrischen Wald als Frühjahrssaat nahezu keinen Ertrag, während die Herbstsaat gute Ergebnisse brachte. Gesät wurde das nicht entspelzte Dreschgut; durch das Entspelzen würde der Embryo verletzt und die Keimfähigkeit zerstört werden.



Abb. 4: Getreideernte mit Feuersteinsichel durch Schüler.

Auf der vorbereiteten Fläche wurden die einzelnen Getreidekörner in Reihen so angelegt, daß pro Korn ca. 1 dm Platz zur Verfügung stand, denn aus einem Korn können bis zu 18 Halme sprießen, wenn genügend Platz vorhanden ist. Ein Einkornhalm trägt etwa 28 Körner.

Somit können aus einem gesäten Korn 504 Körner werden. Auf einem Quadratmeter können 100 Körner ausgesät werden, die, sofern sie nicht zum Brotbacken oder zum Kochen verwendet werden, auf einer Fläche von 5000 m² ausgesät werden können. ... Hier ergaben sich mit den Schülern interessante Hochrechnungen, die immer auch durch die Anschauung verdeutlicht werden konnten. Die Saatkörner wurden von den Schülern mit der Hand einzeln etwa 2 cm tief in die Saatrillen gelegt und von Hand mit Erde bedeckt. Durch dieses



Abb. 5: Schüler backen Brot im Lehmkuppelofen.

eigene Tun wird beim Schüler ein Begreifen, das durch die Hand geht, angebahnt, das kein noch so gut gestaltetes Arbeitsblatt schafft. Zum Schluß der mühsamen Arbeit stand der Wunsch, daß die Saat aufgehen möge (Verständnis für Fruchtbarkeitsrituale). Zum Schutz des Feldes wurde von Schülern einer Heimvolksschule ein Flechtzaun aus Haselnußstecken und Weidenruten errichtet.

Wachstum und Pflege

Fünf bis zehn Tage nach der Aussaat brachen die Keime der Samenkörner ans Tageslicht. Es folgte das 2-3 Blattstadium und in der Folge die Bestockung, d.h., es bildeten sich mehrere Seitentriebe. In diesem Stadium behindern Unkräuter das Wachstum des Getreides. Sie mußten da-

mals wie heute durch Auszupfen entfernt werden. Anschließend wurden die gejäteten Pflanzen wie Hundspetersilie, Kornrade, Kriechender Hahnenfuß und Kamille von den Schülern bestimmt. Eine Schulklasse machte hierzu eine Fotodokumentation. Wieder andere zogen mit Hilfe der bestimmten Unkräuter Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des Bodens. Das Erstellen von Wachstumsdiagrammen blieb höheren Klassen vorbehalten. In der Archäobotanik geben die Pollen von Wildkräutern Aufschluß über Anbau und Erntemethoden. So zeigte die Pollenanalyse, daß in der Jungsteinzeit bereits Sommer- und Wintergetreide angebaut wurden.

Nach dem Ende der Ausstockung begannen die Halme in die Höhe zu treiben, was auch als das Schossen des Getreides bezeichnet wird. Der letzte größere Wachstumsschub fand mit dem sogenannten „Ährenschießen“, dem Sichtbarwerden der Ähre, ein Ende. In der anschließenden Blüte- und Reifezeit veränderte sich das Längenwachstum nur noch wenig. Nur wenige Schüler hatten je bewußt die Blütezeit des Getreides wahrgenommen. Viele waren sogar erstaunt, daß Getreide überhaupt blüht und die Blüten vom Wind bestäubt werden.

Herstellung von Feuersteinsicheln

Im Laufe des Projekts wurde auf die Wechselwirkung von Denken, Handeln und Wissen großen Wert gelegt. Die Schüler sollten so einen breiten Zugang nicht nur zu einem Geschichtswissen bekommen, sondern sich auch z.B. mit geologischen Gegebenheiten auseinandersetzen.

Eine Schülergruppe hatte die Aufgabe, einen kleinen Teil des Getreidefeldes mit bloßen Händen zu ernten. Im Anschluß traf man sich zum Erfahrungsaustausch, bei dem schnell klar wurde, daß die Erntearbeit mit einem „Erntemesser“, der Sichel, effektiver gestaltet werden könnte. Dem Menschen der Steinzeit stand als Material

der „Stahl der Steinzeit“, der Feuerstein zur Verfügung.

Im Geschichtsunterricht wird der Feuerstein immer wieder besprochen, aber kaum ein Schüler hält Feuersteinmaterial je in Händen. Den Projektinitiatoren war es aber ein Anliegen, Wissen zu vermitteln, das nicht gelehrt und zur Kenntnis genommen, sondern erlebt wird. Die Schüler der 5. Jahrgangsstufe hatten die Aufgabe, im Fach Erdkunde den heimatischen Raum nach Feuersteinvorkommen zu durchsuchen. Dazu mußte die Frage geklärt werden, welche Art Gestein Feuerstein ist und wie er entstanden ist.

Nach dem Aufsuchen von Feuersteinvorkommen auf geologischen Karten konnten Schüler Originalklingen vom Fundplatz Untergaiching mit Feuersteinproben der Vorkommen Maierhof und Flintsbach vergleichen und Rückschlüsse auf die Herkunft des Klingenmaterials von Untergaiching ziehen. Das meiste Feuersteinmaterial bezogen die ersten Bauern von Untergaiching vom Feuersteinvorkommen in Flintsbach (Entfernung: Luftlinie ca. 40 km). Interessant war in diesem Zusammenhang für die Schüler auch, die Begriffe Feuerstein - Flint - Flintsbach und schließlich Flinte zu untersuchen und abzuklären (vgl. SLOTTA, 1981). Viele Klingen aus Untergaiching weisen einen deutlichen Sichelglanz auf. Darunter versteht man eine glänzende Patina, die auf Feuersteinklingen entsteht, wenn diese immer wieder an siliciumhaltigen Getreidestengeln gerieben werden. Dies ist ein Hinweis darauf, daß eine Klinge als Sichel oder Sichel Einsatz benutzt wurde.

Ein Höhepunkt des Projekts war das Aufsuchen der Flintsbacher Feuersteinvorkommen mit Schülern. Die exponierte Lage des Fundplatzes erlaubte an diesem Tag den Blick über die Weite des Gäubodens mit seinen zahlreichen, jungsteinzeitlichen Siedlungsplätzen. Die Sicht reichte von den Alpen über das schimmernde Band der Donau bis nach Regensburg. Die Schüler konnten sich im niederbayerischen

Raum orientieren und Landkarte und Wirklichkeit vergleichen. Gemeinsam sammelte die Klasse Feuersteinknollen. Im Unterricht wurden die Fundstücke ausgewertet. Ein Experimentalarchäologe fertigte anschließend aus den brauchbaren Knollen Klingen, die den Originalen von Untergaiching entsprachen. Das kleinknollige Silexmaterial von Flintsbach erlaubt nur das Abschlagen kleiner Klingen mit einem Schlagstein. Diese Klingen wurden in einen gebogenen Holzgriff aus Eschenholz eingepaßt und mit Birkenpech, dem Klebstoff der Steinzeit eingeklebt.

Mit der Herstellung von Birkenpech hatte sich speziell eine Schulgartengruppe beschäftigt. Abgezogene und kleingeschnittene Birkenrinde wurde in dünnwandigen Keramikgefäßen unter geringer Luftzufuhr geschmolzen. Wichtig hierbei ist das Einbetten der Gefäße in eine dicke Glutpackung.

Ernte

Für die Erntearbeit an den einzelnen Schulen stellte das Projektteam folgende Erntegeräte (Nachbauten) zur Verfügung:

- Sichel mit mehreren eingesetzten Feuersteinklingen
- Altheimer Sichel, geschäftet
- Original Grand Pressigny-Klinge (20cm), geschäftet in einem geraden Halmteiler
- Bronzesichel der Urnenfelderzeit
- Eisensichel des 19. Jahrhunderts

Die ausgewählten Geräte erlaubten die Darstellung einer Entwicklungsreihe, die durch Bilder von Sichel anderer Epochen ergänzt wurde. Beim Einsatz dieser Sichel konnten die Schüler die Materialien vergleichen und Aussagen zur Effizienz der Geräte treffen. Dabei waren nicht nur die Schüler, sondern auch die Lehrer erstaunt über die Einsatzfähigkeit der Steinsichel.

Bei der Ernte wurde mit der Hand ein Büschel Getreidehalme umfaßt und mit der Sichel in der anderen Hand etwa 10cm über dem Boden abgetrennt. Mehrere ge-

erntete Getreidebüschel wurden zusammengefaßt und mit einem kleinen Büschel zu einer Garbe gebunden. Diese wurden gemäß dem Vorbild aus der Volkskunde zu sogenannten „Getreidemanderln“ aufgestellt, wobei immer sieben Garben zusammengefaßt wurden. (Die Zahl 7 ist in der christlichen Zahlensymbolik, die auf die pythagoräische zurückgeht, die Zahl der Vollkommenheit.) Beim Binden der Garben und beim Erstellen der „Getreidemanderln“ wurden an den meisten Schulen die Schüler von älteren Bauersleuten angeleitet. Oft kam es vor, daß die reiferen Ähren von den Halmen brachen oder überreife Körner ausfielen. So wurden die Kinder nach Beendigung der Erntearbeit aufgefordert diese Reste aufzusammeln, was zunächst auf großes Unverständnis stieß. Die sogenannte Nachlese ist Thema von Bildern (ägyptische Wandmalereien im Grab des Nacht; die „Ährenleserinnen“ von Jean F. Millet) und Erzählungen aus dem 19. Jahrhundert, aber auch der Nachkriegszeit. Sie war für viele mittellose Familien lebensnotwendig und wurde von den Grundbesitzern mit dem Ruf „Es darf gelesen werden“ ausdrücklich erlaubt z. B. „Ährenlesen“ von Herbert Weber).

In allen agrarischen Kulturen waren die Feste auf Werden, Wachsen und Vergehen im Jahreskreis ausgerichtet. Das Umbrechen der Scholle und das Säen des Getreides hob man im Jahreskreis hervor. Das erste geerntete Getreide wurde bei einem Dankfest geopfert.

An einer Schule fand aus diesem Grund zum Zeitpunkt der Ernte ein Schulfest statt. Im Mittelpunkt dieses Festes stand die Getreideernte. Daneben wurde auch gezeigt, wie die ersten Bauern das Getreide weiterverarbeiteten. Schüler drochen einige Getreidegarben auf einer Tenne mit hartem Lehm Boden. Die Garben wurden mit den Ähren ins Zentrum gelegt und mit einfachen Dreschstöcken ausgeschlagen. Als Dreschstöcke verwendeten die Schüler eineinhalb Meter lange und 3 bis 4 Zentimeter dicke Haselstöcke. Das gewonnene Erntegut wurde anschließend



Abb. 6: Schüler mahlen Getreide mit Schiebmöhlen.

durch mehrmaliges Umleeren von einem flachen Korb in einen anderen von Strohtellen und Staub gereinigt. Viele reife Getreidekörner hatten sich bei diesen Arbeitsgängen bereits aus den Spelzen gelöst. Diese wurden gesammelt. Mit Schiebmöhlen (Granitsteine als Mahlplatte und Läufer) sollten die Schüler das Getreide mahlen, das später zum Brotbacken benötigt wurde. Das Getreide wurde häufchenweise auf die Mahlplatte gelegt und zwischen Mahlplatte und Läufer sooft hin und her geschoben, bis die Getreidekörner zu grobem Vollkornschrot gemahlen waren. Dieser Vorgang wurde wiederholt, bis ausreichend Schrot vorhanden war.

Mehrere Wochen vor dem Schulfest hatte eine Klasse unter Leitung des Klassenlehrers zwei Lehmkuppelöfen nach Grabungsbefunden erstellt (s. PFAFFINGER/PLEYER 1990). In diesen Öfen konnte zum Fest Brot gebacken werden. Sie wurden ungefähr zwei Stunden mit trockenem Holz vorgeheizt. Anschließend entnahm man Glut und Asche und säuberte die Ofentenne mit feuchten Fichtenzweigen. Auf die heißen Ofentennen kamen die vorbereiteten Brote. Der Teig bestand aus gleichen Teilen Emmer/Einkorn-Schrot und Weizenvollkornmehl, Wasser und als Triebmittel Hefe, da aus Weizenmehl kein Sauerteig entsteht. Die kleinen Brote waren bei Schülern, Lehrern und Eltern sehr begehrt. Es fand sich kein Stück davon in den Abfalleimern!



Abb. 7: Es schmeckt auch dem Rektor - Brot aus selbst angebautem Getreide.

Bei zahlreichen Fortbildungsveranstaltungen zeigte sich, daß viele Lehrer aufgeschlossenen den Möglichkeiten, die die Experimentelle Archäologie bietet, gegenüberstehen. Von Seiten der Archäologie wird jedoch erwartet, das den Lehrern und den Schulen konkrete Hilfen und Vorschläge gemacht werden. Nicht die Wissenschaft im Elfenbeinturm ist hier gefragt, sondern die zeitgemäße Wissensvermittlung. Die Arbeitsweise der Experimentellen Archäologie eignet sich auch durch ihre Vorgehensweise (Frage - Lösung - Ergebnis - Neuansatz) für einen modernen Unterricht, bei dem nicht Wissensanhäufung, sondern exemplarisches Lernen Ziel des Unterrichts ist. Lernen soll von den Schülern als ein Prozeß begriffen werden, bei dem gefundene Antworten immer wieder neue Fragen aufwerfen.

Literatur:

- 5000 Jahre Feuersteinbergbau, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum.
- KÖRBER-GROHNE, U. (1988): Nutzpflanzen in Deutschland. Kulturgeschichte und Biologie, Stuttgart.
- KREUZ, A. (1992): Einheimische oder Eindringlinge?, in: Archäologie in Deutschland 3, 6-7.

- KÜSTER, H.-J. (1992): Kulturpflanzenanbau in Süddeutschland seit der Steinzeit, in: Bauern in Bayern, Katalog, Straubing/Gäubodenmuseum.
- PFÄFFINGER, M., PLEYER, R. (1990): Rekonstruktion eines linearbandkeramischen Backofens, in: Experimentelle Archäologie in Deutschland, Mamoun Fansa (Hrsg.), Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4, 122 ff.
- SCHNEIDER, M., und ZIMMERHACKL, E. (1922): Der urzeitliche Ackerbau und seine Bedeutung für unsere Zukunft, in: Arche, Zeitschrift für Geschichte und Archäologie in Österreich, 10 f.
- SHEDID, A. G., und SEIDEL, M. (1991): Das Grab des Nacht, Mainz, 39.
- WEBER, H. (1982): Ährenlesen, Lesespaß 3, München, 46.

Anschriften der Verfasser:

Maria Pfaffinger M.A.
Haselbachstraße 9
84378 Dietersburg

Robert Pleyer
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
Außenstelle Landshut
Abteilung Vor- und Frühgeschichte
Sigmund-Schwarz-Str. 4
84028 Landshut

Margit Späth-Pleyer
Martinigasse 1
94259 Kirchberg

Ethnoarchäologische Untersuchungen zur rezenten Herstellung und Nutzung von Mahlsteinen in Nordost-Nigeria

Detlef Gronenborn

Fe bulram, bul cingalram, wázal bogata njuwonze bakcin. Kau nyetebe. Eine weiße Kuh, weiß wie Zinn, liegt auf dem Rücken und kät wieder. (Was ist das?) Der Mahlstein. Rätsel der Kanuri (aus LUKAS 1937/38, 170 u. CYFFER/GEIDER, mündl. Mittlg.).¹

Die folgenden Untersuchungen entstanden sozusagen als Nebenprodukt der archäologischen Grabungskampagnen, die im Rahmen der Forschungen des Sonderforschungsbereiches der DFG „Kulturentwicklung und Sprachgeschichte im Naturraum Westafrikanische Savanne“ seit 1991 in Nordost-Nigeria unternommen werden.² Sie beruhen im wesentlichen auf Beobachtungen während des Feldaufenthaltes im Oktober und November 1992.

Mahlsteine sind bis heute in Nordost-Nigeria Bestandteil eines jeden ländlichen Haushaltes.³ Wenn auch ihre tägliche Verwendung in den meisten Dörfern zugunsten dieselgetriebener Mühlen weit zurückgetreten ist, werden sie gelegentlich noch eingesetzt. Dies ist besonders in entlegenen Gehöften der Fall. Allgemein nimmt die Rolle der Mahlsteine bei der Nahrungsbereitung aber ab. Das hat auch einen Einfluß auf die Herstellung der Geräte, denn an einigen Abbauten wird nur noch auf Anfrage produziert. Wirtschaftlicher Gewinn ist mit der Produktion und dem Vertrieb nicht mehr zu machen. Hier ist eine alte Hand-

werkstradition, die ohnehin nur noch an wenigen Orten der Welt besteht (HAYDEN 1987a; SCHÖN u. HOLTER 1990; ROUX 1985), im Verfall begriffen.

Die Produktion von Mahlsteinen konnte während der Kampagne 1992 über einen Informanten aus Takaskala, einem Dorf der Fall, bei Gwoza am Fuße der Mandara-Berge untersucht werden (Abb. 1). Die Mandara-Berge werden im wesentlichen aus metamorph umgelagerten Tiefengesteinen gebildet und sind geologisch ein Bestandteil des sogenannten Basement-Komplexes (McCURRY 1989, 15ff.). Im Zentrum und auf der kamerunischen Seite stehen Gesteine vulkanischen Ursprungs an (CONNAH u. FREETH 1989, Fig. 3). Takaskala liegt am Übergang der Pedimente zum Bergmassiv (Abb. 1). Diese Formationen und die westlich anstehenden Sedimentite (Abb. 1) sind im Tschad-Becken die nächstliegenden Rohmaterialquellen für Steinartefakte jeder Art (CONNAH u. FREETH 1989).

Die Abbaustelle liegt einige hundert Meter vom Ort entfernt in einem kleinen Bachbett, das im Laufe der Trockenzeit (Oktober bis Juni) fast völlig austrocknet. Hier wird ein Granitgneis angeschnitten, dessen schiefrige Struktur die Formgebung nach Auskunft des Informanten erleichtert. Aus diesem Material werden bevorzugt Unterlieger hergestellt, Oberlieger aus nur etwa 20 m bachabwärts anstehendem, amorphen Granit.

Der Herstellungsprozeß kann in drei aufeinander folgende Schritte unterteilt werden: Rohmaterialgewinnung, grobe Zurichtung und Endfertigung.

Mit Hilfe von steinernen Keilen werden zunächst passende Rohstücke aus dem angewitterten Anstehenden gebrochen. Im beobachteten Bachbettabschnitt konnten mehrere kleine Abbaustellen beobachtet werden (Abb. 2). Anhand der Aufschlüsse war ersichtlich, daß sie bereits mehrfach aufgesucht wurden. Über die Zeitdauer der Nutzung war jedoch keinerlei Auskunft möglich. Die Vorformen werden „für einige Tage“⁴ im stehenden Wasser des austrocknenden Bachbettes gelagert, um den Stein „aufzuweichen“ (Informant: „to make it

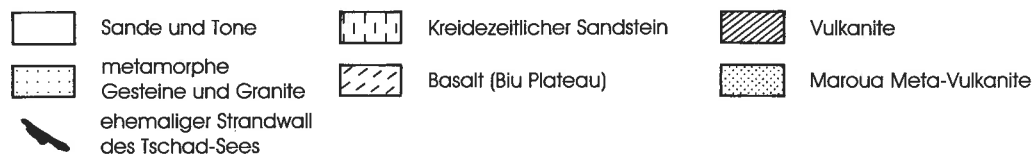
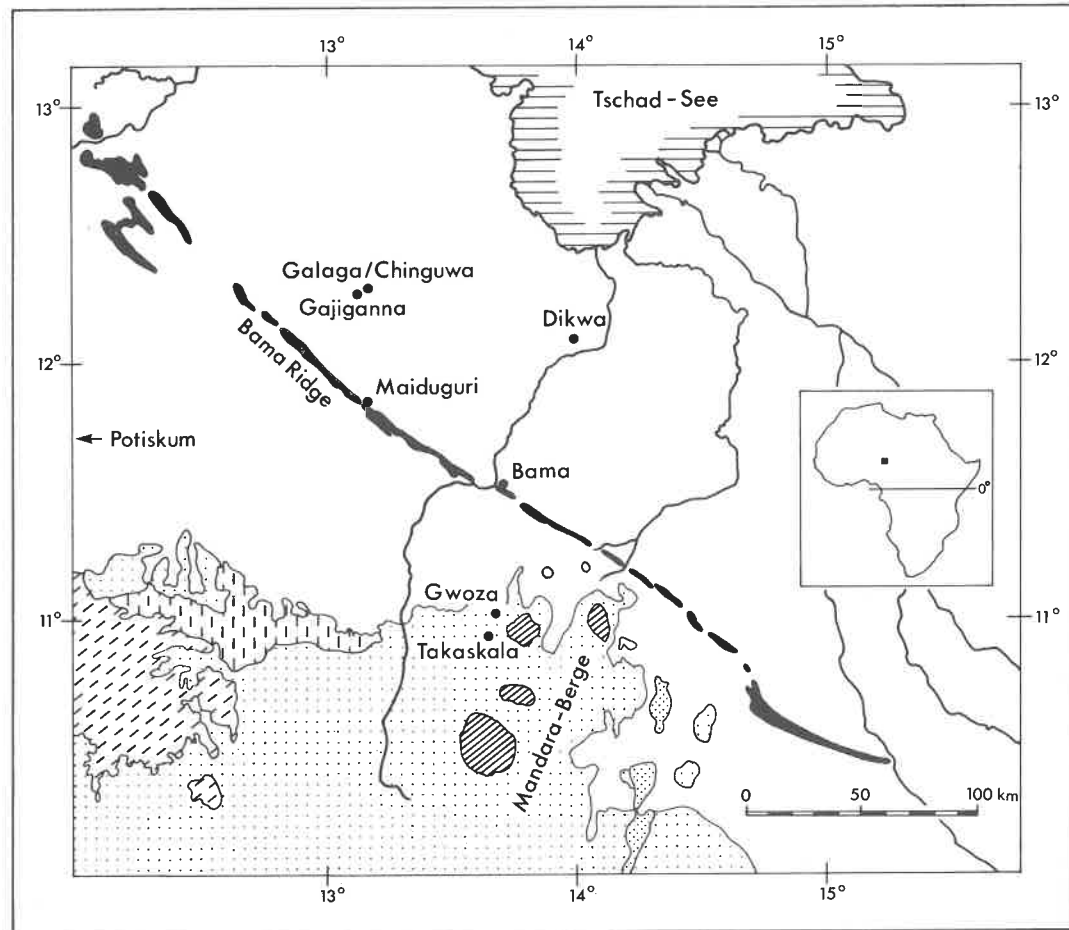


Abb. 1: Nordost-Nigeria. Geologie und im Text erwähnte Orte und Städte (nach CONNAH u. FREETH 1989, Fig.3).

soft“) bevor die Zurichtung beginnt. Inwiefern dies die Spalteigenschaften des Steins tatsächlich verbessert, war nicht zu ermitteln. HAYDEN (1987a) und NELSON (1987) erwähnen nichts dergleichen, obwohl einige der von ihnen beobachteten Abbauplätze ebenfalls in Bach- oder Flußbetten lagen.

Zunächst wird unter Verwendung umherliegender und für geeignet erachteter Trümmer die grobe Form durch direkten harten

Schlag herausgearbeitet (Abb. 5). Aufgrund der Struktur des Materials haben die Vorformen bereits flache Ober- und Unterseiten, so daß die Präparation hauptsächlich entlang der Kanten verläuft. Dann erfolgt die Überarbeitung der groben Negative mit einem kleineren Schlagstein ebenfalls mit der Methode des direkten harten Schlages. Als Schlagstein wird der in unmittelbarer Nähe in Adern anstehende Bach-

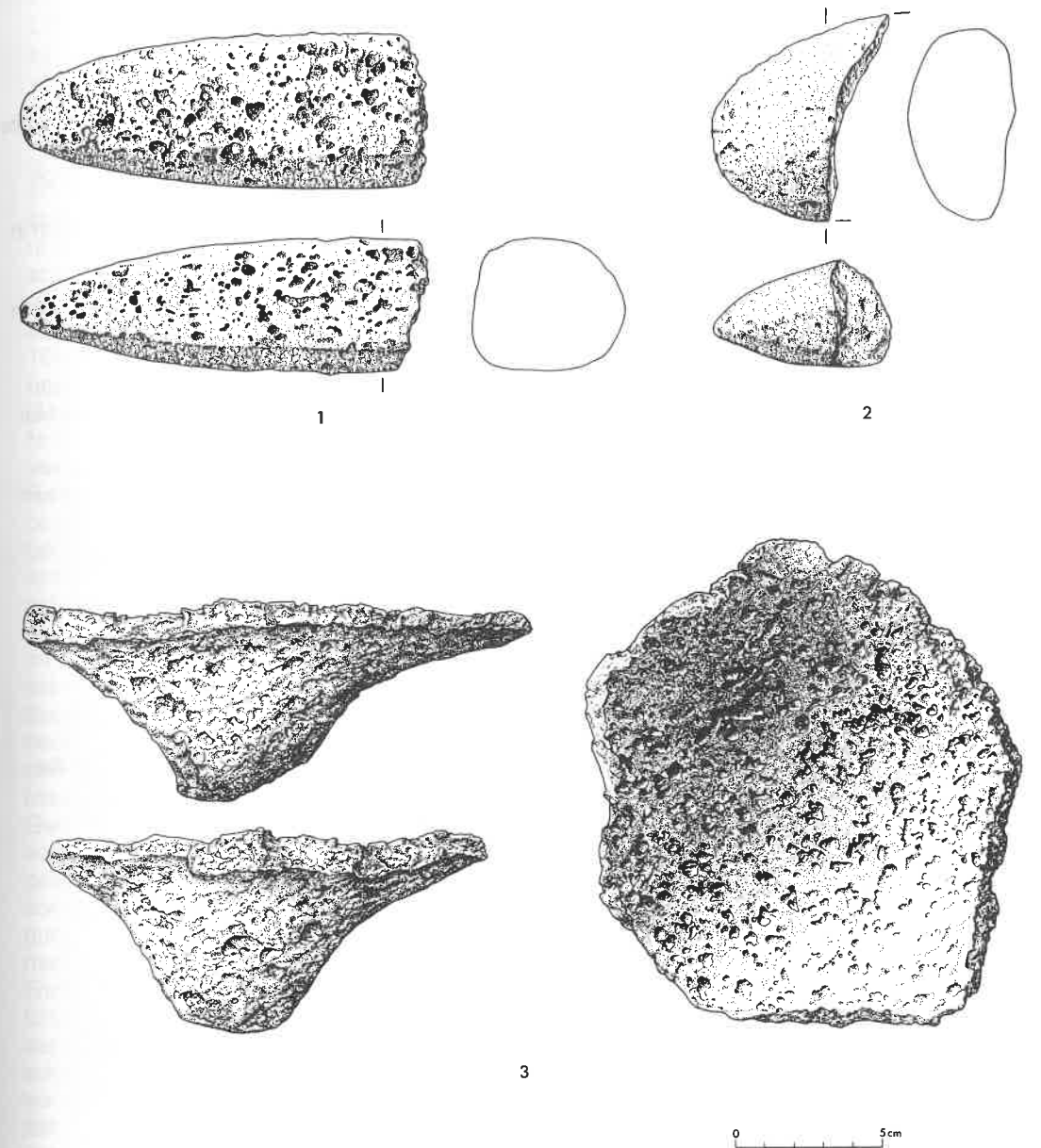


Abb. 2: Läuferbruchstück und Unterliegerfragment aus den Grabungen bei Gajiganna, Borno State, Nigeria.

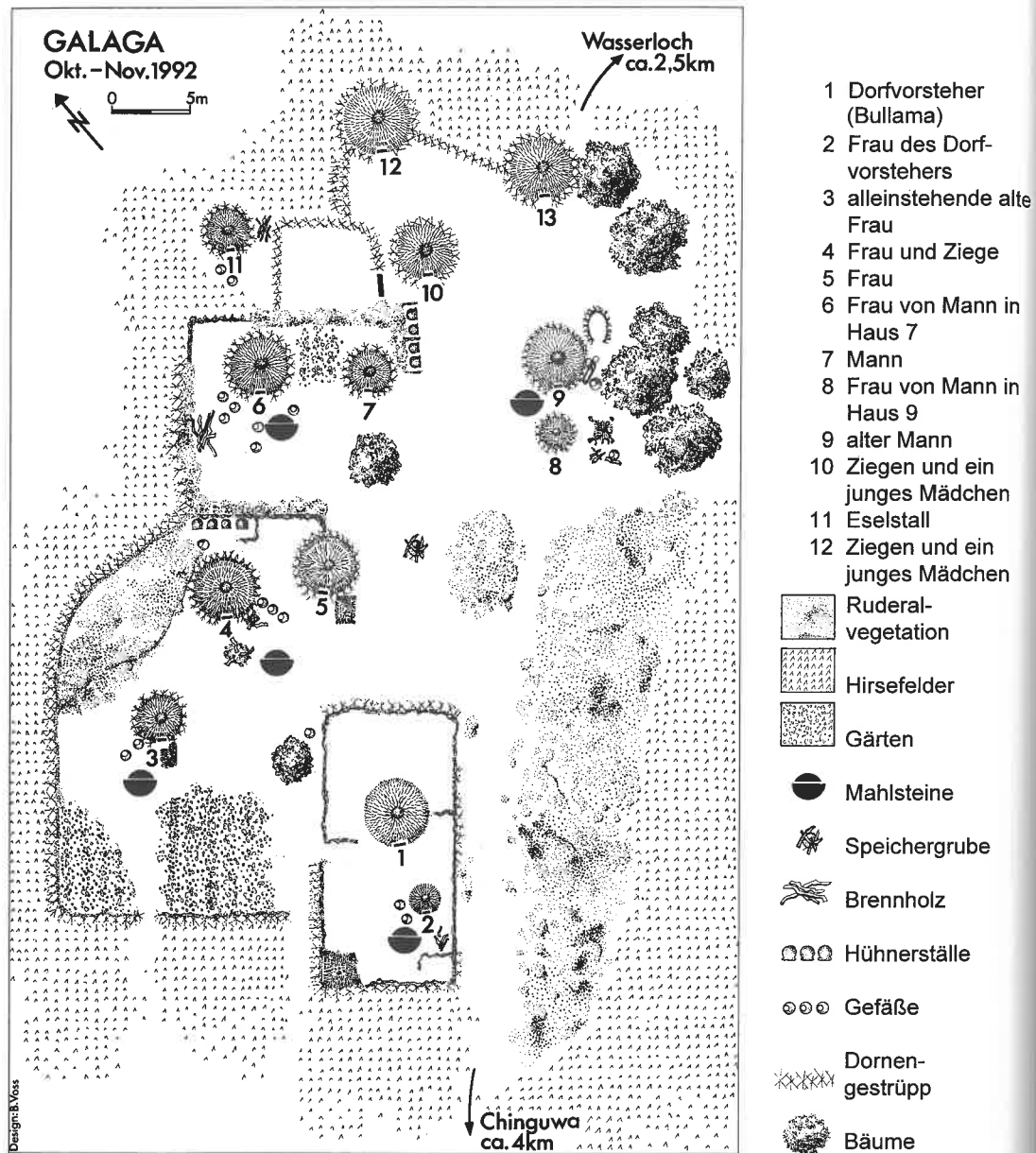


Abb. 3: Galaga, Borno State, Nigeria.

gerolle bevorzugt. Während des gesamten Zurichtungsprozesses wird der Stein immer wieder in das fließende Wasser gehalten um Staub und feine Absplisse abzuwaschen. Schließlich folgt die endgültige

Feinarbeit durch Picken. Der zweite und dritte Schritt, die feine Zurichtung, kann auch im Gehöft erfolgen. Oft werden heutzutage hierfür eiserne Hämmer eingesetzt. Sowohl für Unterlieger wie auch für Ober-

lieger wird eine brotlaibförmige Form angestrebt (Abb. 6). Dabei ist die Länge des Oberliegers meist kleiner als die Breite des Unterliegers. Die Arbeitsflächen sind bei allen unbenutzten Stücken flach. Die Maße von dreißig Exemplaren aus einer Stichprobe aus Chinguwa sind in Anhang 1 wieder gegeben. Diese Stücke sind aber von oft erheblichem Alter und somit bereits stark abgenutzt. Heute haben alle Mahlsteine diese Form. Aus den Grabungen und von Oberflächenaufsammlungen sind aber prähistorische Stücke bekannt, die völlig andere Formen aufweisen. So finden sich große, runde Exemplare (CONNAH 1981, 49), die in der Mitte eingetieft sind und auf der Unterseite spitz zulaufen (Abb. 2). Hier ist vielleicht weniger an eine Nutzung mit reibender Bewegung zu denken als vielmehr an eine mörserähnliche Funktion; wie sie von ROUX (1985, 45) für bestimmte Mahlsteine mit eingetiefter Arbeitsfläche in Mauretanien beschrieben wird. Es finden sich aber auch langschmale oder Läufer (Abb. 2.1) mit dreieckigem Querschnitt oder flache (Abb. 2.2) im Fundmaterial, die auf das Vorhandensein von ebenen Arbeitsflächen hinweisen. Solche dreieckigen Läuferformen kommen heutzutage ebenfalls nicht mehr vor, werden aber auch von ROUX (1985, 49) in Mauretanien beschrieben.

Gemeinhin werden Mahlsteine von Männern hergestellt, dies ist aber nicht zwingend notwendig. Alle Arbeitsschritte, besonders die der Zurichtung und Endfertigung, können auch von Frauen übernommen werden. Den letzten Arbeitsschritt (die Endfertigung), der immer im Hof ausgeführt wird, überläßt man älteren Frauen, wenn andere Mitglieder der Hausgemeinschaft anderweitig beschäftigt sind. Noch vor einigen Jahren wurden nach der Erntezeit und während des Winters zwischen Januar und März von einer größeren Anzahl von Handwerkern Mahlsteine für den Verkauf hergestellt. Alle Produzenten waren Bauern und gingen der Tätigkeit nur während dieser Saison nach. Heutzutage ist, wie beschrieben, diese umfangreiche Produktion verfallen. Offenbar fand sie „vor fünf Jahren“ das letzte Mal statt.

Der Zugang zu dem Vorkommen im Bachbett ist keinerlei Beschränkungen unterworfen. Hauptsächlich wurden aber Mahlsteine von den Bewohnern des Dorfes Takaskala hergestellt, das der Abbaustelle am nächsten liegt. Für die Herstellung eines Unterliegers werden zwei Tage veranschlagt, für die eines Oberliegers ein Tag. Nach Aussage des Informanten wurden die Stücke immer paarweise hergestellt.

In der näheren Umgebung des Abbaortes wurden die Mahlsteine von den jeweiligen Produzenten individuell auf den umliegenden Märkten angeboten. Ein anschauliches Beispiel findet sich in der Beschreibung des Marktes von Dikwa im Jahre 1902 (DOMINIK 1908, 163): „Wirklich kunstvolle Lederarbeiten werden mit Sorgfalt an Ort und Stelle verfertigt, und rohe, unbehauene Mahlsteine, die von weither geschleppt sind, finden ihren Käufer.“ Freilich ist nicht gesichert, ob es sich wirklich um Vorarbeiten gehandelt hat, was angesichts des Gewichtes eher unwahrscheinlich ist. Dienten zu dieser Zeit Tragochsen als Transporttiere (ebd. 162) so erfolgte der Transport in jüngerer Zeit mit Kleinlastwagen. Hauptverkaufsort für die Mahlsteine aus Takaskala war das nahegelegene Gwoza, es wurden aber auch Märkte bis Bama und Dikwa angefahren (Abb. 1). Auf keinem dieser Märkte konnten jedoch während der Kampagnen 1992 und 1993/94 Stände mit Mahlsteinen beobachtet werden. Die Lieferumfänge eines einzelnen Produzenten umfaßten in der Regel zehn bis zwölf Mahlsteine beziehungsweise Unterlieger.

Weiter entfernt liegende Märkte, etwa in Maiduguri, wurden von Zwischenhändlern angefahren. Solche Lieferungen wurden auf Bestellung gearbeitet, dann vom Händler abgeholt und auf den Markt gebracht. Über den Umfang dieser Vertriebsart waren keine genauen Angaben zu erhalten. Am Straßenrand bei Potiskum konnte aber ein Angebot gezählt werden, das 36 Unterlieger enthielt. Offenbar wurden jedoch keinerlei Läufer angeboten. Leider war eine Kommunikation mit dem Händler nicht möglich.

Früher wurden Mahlsteine für „70 Kobo bis

2 Naira⁵ gehandelt, heute liegt der Preis „bei 20 Naira und mehr“. Wenn auch die Umrechnung der Währung nach Kaufkraft kaum möglich ist, so ist der Preis im Vergleich mit dem anderer Güter für Landesverhältnisse sehr niedrig. Dies wurde vom Informanten mit dem geringen Arbeitsaufwand erklärt: Der Hauptteil der Produktion kann während der Freizeit als Nebenbeschäftigung durchgeführt werden.

Auf den Märkten werden Mahlsteine meist von Frauen erstanden. Sie gehören aber in den Haushalten auf jeden Fall zum persönlichen Besitz der Frau, wie überhaupt ausschließlich Frauen mahlen, eine Beobachtung, die auch von HOLTER (1990, 363) gemacht wurde. Ebenso schreibt Möllhausen (o.J. 319) zu den Pueblo-Indianern, die er auf einer Reise 1853/54 sah: „Das Zerreiben des Getreides zu Mehl ist ebenfalls Arbeit der Weiber und geschieht, indem die Arbeiterin mit einem Stein auf einem anderen schräg stehenden die Körner zermahlt.“ Alle beobachteten Frauenhaushalte besaßen einen Mahlstein.⁶ Nach dem Tode der Besitzerin können Mahlsteine weitervererbt oder auch von älteren Frauen an jüngere abgegeben werden. Dies ist häufig der Fall, da das Mahlen recht anstrengend ist und meist von Mädchen oder jungen Frauen betrieben wird. Diese bringen heutzutage auch das Mahlgut zu den Dieselmöhlen. Ältere Frauen mahlen nur, wenn die familiäre Situation keine andere Möglichkeit erlaubt.

Die folgenden Beobachtungen zur täglichen Nutzung wurden in Galaga, einem Ort der Kanuri (COHEN 1967), nordöstlich von Maiduguri gemacht.⁷ Traditionell wird der Mahlstein täglich benutzt, das heißt, es wird nicht auf Vorrat gemahlen.⁸ Das Mahlgut, in der Regel Kolben- oder Rispenhirse, wird in entspelztem Zustand in Speichergruben aufbewahrt. Diese sind meist glockenförmig und mit Matten ausgekleidet. Gelegentlich wird als Wandisolierung auch der Spelzabfall verwendet.

Aufgrund der verschiedenen Hausbautraditionen in Nordost-Nigeria (SCHULTZE 1910, 97) ist das tägliche Leben räumlich unterschiedlich organisiert. Im nördlichen Landesteil bestehen die Häuser fast aus-

schließlich aus Hirsestengeln oder Grassmatten, die über ein Gerüst von Holzpfosten angebracht sind. Im südöstlichen Landesteil siedeln die Kanuri in Dörfern aus festen Lehmrechteckbauten mit Flachdächern, die Schuwa-Araber (BRAUKÄMPER 1993) in großen runden Häusern, die entweder Wände aus Hirsestengel oder aber Lehmwände haben. In beiden Fällen sind die Dächer mit Gräsern oder Hirse gedeckt. Die Mahlsteine in den nördlichen Gebieten sind nicht stationär. Sie liegen entweder im unmittelbaren Behausungsbereich, etwa am Eingang, an einer Seitenwand oder in Bereichen, wo sich Frauen tagsüber treffen, um Alltagsgeschäfte gemeinsam zu erledigen (Abb. 3). Eine völlig feste Position für Mahlsteine gibt es in der Gegend um Maiduguri-Gajiganna nicht. Gelegentlich werden die Stücke auch außerhalb des eigenen Hofbereiches gebracht, wenn das zu mahlende Gut groß ist und die Arbeit mit mehreren Personen ausgeführt werden soll. In einem beobachteten Fall wurde jeweils ein Mahlstein aus den Hofbereichen der Bauten 8/9 und 6/7 unter den zentral stehenden Baum unterhalb von Haus 7 getragen. Dort wurde in einer längeren Sitzung von zwei Personen gemeinsam Rispenhirse gemahlen. Beide Mahlsteine blieben nach der Verwendung zunächst dort, wurden aber später wieder fortgeräumt. Der Mahlstein bei Haus 2 verblieb während des Beobachtungszeitraumes an seiner Position, ebenso derjenige bei Haus 3. In Haus 3 wohnte eine alte alleinstehende Frau, die den Stein ohnehin kaum bewegen konnte, ihn aber regelmäßig nutzte. Der Stein aus Haus 4 war nur einen Tag außerhalb des Gebäudes. Hierzu waren keine Beobachtungen möglich. Es bleibt noch zu erwähnen, daß während eines Besuches in der Kampagne 1993/94 die Bauten 1-5 aufgegeben worden waren. Die Bewohner waren, nach dem Tode des Dorfvorstehers (Bullama), mit ihrem gesamten Hausstand nach Chinuwa gezogen. Die Gebäude wurden völlig abgebaut und auf dem freigewordenen Platz Hirsefelder angelegt.

Der Mahlvorgang selbst geschieht folgendermaßen: Der Mahlstein wird in eine



Abb. 4: Takaskala, Borno State, Nigeria. Abbaustelle von Rohmaterial für Mahlsteine.



Abb. 5: Takaskala, Borno State, Nigeria. Herausarbeiten der Form.



Abb. 6: Galaga, Borno State, Nigeria. Mahlsteine.



Abb. 7: Galaga, Borno State, Nigeria. Mahlvorgang.

leichte Mulde, die vorher mit einem Stück Gewebe (heute meist Stücke von Kunststoffsäcken) ausgelegt wurde, so hineingelegt, daß das dem Benutzer zugewandte Ende leicht erhöht ist (Abb. 7). Diese Position ist wohl für alle Mahlsteine mit vorwärts-rückwärts ausgerichteter Mahlbewegung gleich. Eine entsprechende figürliche Darstellung aus dem Alten Reich ist bei HARSEMA (1979, 15) abgebildet, und MOLLESON (1989) konnte anhand der Spuren an Fuß- und Schulterknochen bei spätpaläolithischen Skeletten aus Palästina eine vergleichbare Bewegung beim Mahlvorgang rekonstruieren. Der Oberlieger wird beim Mahlen nicht festgehalten, sondern in lockerem Griff mit einer leichten Walzbewegung nach vorne geführt. Dabei liegt der Druck und das Körpergewicht auf dem Bereich des Läufers, der der Person

zugewandt ist. Eine ähnliche Handhabung wurde von Bartlett (1933, 15ff.) für rezente Mahlsteine (manos) der Hopi beschrieben, BAUCHE (1984, 40ff.) konnte entsprechende Gebrauchsspuren an prähistorischen Mahlsteinen in Mitteleuropa feststellen. Beim Zurückziehen wird mit der Vorderkante des Unterliegers das Mehl wieder über die Arbeitsfläche verteilt. Gelegentlich wird Mehl, das von der Arbeitsfläche herabgerutscht ist, wieder zurückgelegt. Nach verschiedenen Beobachtungen im Felde benötigt man ca. 2 bis 3 Minuten, um eine Handvoll Rispenhirse (etwa 20 g) zu feinem Mehl zu zermahlen. Anschließend wird das Mehl nach vorne, vor den Mahlstein geschoben und ein neue Handvoll gemahlen. Die Gesamtdauer des Mahlprozesses richtet sich naturgemäß nach der Menge des benötigten Mehls, so-

wie der Kraft und Geschicklichkeit der Frau. Es konnte nur ein Mahlvorgang beobachtet werden, d.h., es wird nicht grob vorgemahlen, um dann mit einem feineren Stein weiter zu arbeiten. Ein Prozeß mit zwei aufeinander folgenden Mahlaktivitäten wird von HOLTER (1990, 362) für Darfur beschrieben und von BARTLETT (1933, 14ff.) für den Südwesten Nordamerikas. Unter den prähistorischen Fragmenten von Mahl- oder Reibsteinen konnten unterschiedlich grobe Sandsteine ausgemacht werden, die auf verschiedene Mahlvorgänge deuten. Die heute in Nordost-Nigeria offenbar ausschließlich genutzten Granite und Gneise aus den Mandara-Bergen sind in ihren Eigenschaften aber sehr ähnlich, so daß keine unterschiedlich groben Mahlsteine produziert werden können. Nach Beendigung des Vorgangs wird der Mahlstein aus dem Aktivitätsfeld geräumt, nicht notwendigerweise an die gleiche Stelle von der er herbeigebracht wurde. Für die wenigsten Haushaltsgegenstände, die außerhalb des Hauses genutzt werden, gibt es eine fest zugewiesene Position, sondern vielmehr bestimmte Areale der Nutzung innerhalb des Hofbereiches (Abb. 3). Der Bezug des Gegenstandes zum Hof ist aber immer erkennbar und die Besitzverhältnisse für Einheimische sofort ersichtlich. In den Gebieten Nordost-Nigerias, in denen Lehmgebäude vorherrschen, sind die Mahlsteine fest installiert. Hier ist der Stein in einem Trog aus Lehm fest eingelegt, der entweder auf dem Boden steht oder in Hüfthöhe auf einem Unterbau aus Lehm oder Holzpfosten ruht. Dieser Trog aus Lehm übernimmt die Funktion des Plastiksacks: In einer den ganzen Stein umgebenden Mulde wird das Mahlgut aufgefangen, beziehungsweise es wird von dort auf den Mahlstein gelegt. Ähnliche Lehm-bänke sind auch für andere Gebiete Nigerias beschrieben (DENYER 1978, 10 Abb. 16). Für Nord-Kamerun ist vom Anfang des Jahrhunderts folgendes überliefert (DOMINIK 1908, 231): „Zum Mahlen des Kornes dienten hüfthohe Lehmherde, in die der Mahlstein eingelassen war, so daß die arbeitenden Frauen sich nicht bücken brauchten.“ Während in Nordost-Nigeria zumindest die



Abb. 8: Galaga, Borno State, Nigeria. Überarbeiten der Mahlfläche durch Picken.

fest installierten Mahlsteine individuell in jedem Haushalt stehen, sind sie in anderen Gebieten in einem Unterstand nebeneinander angeordnet und werden von den Mitgliedern einer Sozialeinheit (hier: kinship unit) gemeinsam genutzt. Gelegentlich, wenn die Arbeitsfläche zu stark verschliffen ist, werden die Unterlieger aufgerauht. Hierzu wurde in einem beobachteten Fall das Nackenteil eines Beiles (Abb. 8) benutzt. Aus dem Schaft wurde die Beilklinge herausgeklopft, damit der Unterlieger aufgerauht, und das Beil später wieder eingesetzt. Ausweislich einiger Bruchstücke von Läufern oder Unterliegern mit Schlagnarbenfeldern, finden diese aber bei der Aufrauung ebenfalls Verwendung. Da heute Mahlsteine nur noch in Ausnahmefällen genutzt werden, waren zur Häufigkeit des Aufrauhs keine verlässlichen Beobachtungen möglich. Auch ein Interview mit der beobachteten alten Frau blieb aufgrund von Verständigungsproblemen ohne Ergebnis. BARTLETT (1933, 4) erwähnt, daß bei den Hopi bei täglicher Nutzung die Steine nach fünf Tagen aufgerauht werden mußten, hingegen schreibt HOLTER (1990, 264), daß die Unterlieger in Darfur zweimal und die Oberlieger etwa dreimal im Monat aufgerauht werden, ebenfalls bei täglicher Nutzung. Mahlsteine werden bis zur völligen Zerrüttung genutzt. Ein Stück wird unbrauchbar, wenn es zerbrochen ist. Aufgrund der Nutzungsweise brechen die Stücke meist medial, da diese Partie wohl

der stärksten Beanspruchung ausgesetzt ist. Gelegentlich finden sich auch Mahlsteine, die in der Mitte völlig aufgearbeitet sind und dort ein Loch aufweisen. Die Bruchstücke geraten dann an den Rand der Aktivitätszone und werden schließlich, so sie nicht weiterverwendet werden - etwa als Klopstein -, zusedimentiert. Zur Lebensdauer wurden unterschiedliche Angaben gemacht: Bei einer täglichen Nutzung scheint aber ein Alter von 40 und mehr Jahren, wie verschiedentlich mitgeteilt, recht unwahrscheinlich. Allerdings erwähnt HAYDEN (1987b, 194f. Tab. 5.3) auch Nutzungszeiten von bis zu 100 Jahren. Das Durchschnittsalter für Unterlieger gibt er mit 43 Jahren an, das für Läufer mit 22. Die Angaben zur Stichprobe aus Chinguwa (Anhang 1) rangieren von 20 bis 99 Jahren wobei das durchschnittliche Alter bei 55 läge. Unterlieger und Läufer wurden vom Informant in allen Fällen als gleich alt angesehen. Diese Werte unterliegen aber einer sehr großen Unsicherheit und sollten nur mit Vorsicht interpretiert werden. Neben der Nutzungsrate sind freilich auch Parameter wie Gesteinsart und Morphologie des Mahlsteins für die Lebensdauer bestimmend. Mahlsteine aus Plutoniten dürften wesentlich länger verwendbar gewesen sein als etwa solche aus Sedimentiten. Hierzu kann die Ethnoarchäologie nur ungefähre Daten liefern.

Anmerkungen:

- 1) kâu bedeutet in der Kanuri-Sprache „Stein“; tada kâube wörtlich „Sohn des Steins“ - damit ist der Läufer gemeint - und kâu nyetebe „Stein des Mahlens“. Herrn Dr. Thomas Geider, Köln, und Herrn Prof. Dr. Norbert Cyffer, Mainz, (SFB 268, Teilprojekt B4, Afrikanistik) seien für die linguistischen Hinweise herzlich gedankt.
- 2) Breunig u. a. 1992; Breunig u. a. im Druck. Zusammenfassend auch: Braukämper (1991).
- 3) Die Bemerkung von Nachtigal (1897, 654), daß im Tschad-Becken Mahlsteine aufgrund des Steinmangels unüblich gewesen seien, kann nicht der Realität entsprechen. Auch erwähnt er an anderer Stelle „getreidemahlende Frauen“ (ebd. 620).
- 4) In Anführungszeichen stehen wörtlich übernommene Mitteilungen des Informanten.
- 5) 100 Kobo = 1 Naira.
- 6) Zu Besitzverhältnissen bei Nomaden in Darfur: Holter (1990, 360).

- 7) Galaga wird im deutschsprachigen Schrifttum zum ersten Mal von Rohfs (1872, 3f.) erwähnt, der hier auf seiner Reise in die Mandara-Berge übernachtete.
- 8) Ebenso für Mauretanien: Roux 1985, 28.

Literatur:

- BAUCHE, R. (1987): Untersuchungen an jungsteinzeitlichen Felsgesteingeräten. Archäologische Informationen 7: 40-42.
- BARTLETT, K. (1933): Pueblo milling stones of the Flagstaff region and their relation to others in the Southwest. Museum of Northern Arizona Bulletin 3.
- BRAUKÄMPER, U. (1991): German research in north-eastern Nigeria. Sonderschriften des Frobenius-Institutes 19.
- BRAUKÄMPER, U. (1993): Umweltpassung arabisch-sprachiger Rindernomaden (Shuwa) im nigerianischen Tschadsee-Gebiet. Berichte des Sonderforschungsbereiches 268 Bd. 3: 53-60.
- BREUNIG, P., GARBA, A., u. WAZIRI, I., (1992): Recent archaeological surveys in Borno, Northeast Nigeria. Nyame Akuma 37: 10-16.
- BREUNIG, P., GARBA, A., GRONENBORN, D., VAN NEER, W., u. WENDT, P. (im Druck): Report on excavations at Gajiganna, Borno State, Northeast Nigeria. Nyame Akuma.
- COHEN, R. (1967): The Kanuri of Bornu. Connaah, G. (1981): Three thousand years in Africa. Man and his environment in the Lake Chad region of Nigeria.
- CONNAH, G. u. FREETH, S. J. (1989): A commodity problem in prehistoric Borno. Sahara: 7-20.
- DENYER, S. (1978): African traditional architecture.
- DOMINIK, H. (1908): Vom Atlantik zum Tschadsee. Kriegs- und Forschungsfahrten in Kamerun.
- CYFFER, N. u. HUTCHINSON, J. (Hrsg.) (1990): Dictionary of the Kanuri language.
- HAYDEN, B. (1987a) Traditional metate manufacturing in Guatemala using chipped stone tools. In: B. Hayden (hrsg.), Lithic studies among the contemporary Highland Maya: 8-119.
- HAYDEN, B. (1987b) Past to present uses of stone tools and their effects on assemblage characteristics in the Maya Highlands. In: B. Hayden (hrsg.), Lithic studies among the contemporary Highland Maya: 160-234.

HARSEMA, O. H. (1979): Maalstenen en Handmolens in Drenthe van het Neolithicum tot ca. 1300 A.D.
 HOLTER, U. (1990): Ethnological description of recent grinding implements of the Mahria (Northern Rizeigat) camel breeding nomads of Northern Darfur. In: W. Schön u. U. Holter, Grinding implements from the Neolithic and recent times in desert areas in Egypt and Sudan. Beiträge zur allgemeinen und vergleichenden Archäologie 9-10: 359-379.
 LUKAS, J. (1937/38): Sprichwörter, Aussprüche und Rätsel der Kanuri“. Zeitschrift für Eingeborenen-Sprachen 28: 161-174.
 MCCURRY, P. (1989): P. McCurry, A general review of the geology of the precambrian to lower palaeozoic rocks of Northern Nigeria. In: C. A. Kogbe (Hrsg.), Geology of Nigeria (Ibadan 1989) 13-38.
 MOLLESON, T. (1989): Seed preparation in the mesolithic: the osteological evidence. Antiquity 63: 356-362.
 MÖLLHAUSEN, B. (o.J.): Wanderungen durch die

Prärien und Wüsten des westlichen Nordamerika.
 NACHTIGAL, G. (1879): Sahara und Sudan. Erster Theil. Tripolis, Fezzân und Bornû.
 Nelson, M. (1987): Site content and structure: Quarries and workshops in the Maya Highlands. In: B. Hayden (hrsg.), Lithic studies among the contemporary Highland Maya: 120-147.
 ROHLFS, G. (1872): Reise durch Nord-Afrika vom Mittelländischen Meere bis zum Busen von Guinea 1865 bis 1867. 2. Hälfte: von Kuka nach Lagos (Bornu, Batschi, Saria, Nupe, Yoruba). Ergänzungsheft No. 34 zu Petermanns „Geographischen Mittheilungen“.
 Roux, V. (1985): Le matériel de broyage. Étude ethnographique à Tichitt (R.I. Mauritanie). Editions Recherches sur les Civilisations Mémoire 58.
 SCHULTZE, A. (1910): Das Sultanat Bornu mit besonderer Berücksichtigung Deutsch-Bornus. Inaugural-Dissertation Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Unterlieger

| | Länge | Breite | Dicke |
|------------|-------|--------|-------|
| Mittel | 38,46 | 25,90 | 7,26 |
| Median | 38,00 | 26,50 | 7,00 |
| Modus | 37,00 | 27,00 | 7,00 |
| Standard | 2,30 | 2,38 | 0,87 |
| Abweichung | | | |
| Varianz | 5,30 | 5,69 | 0,77 |

Oberlieger

| | Länge | Breite | Dicke |
|------------|-------|--------|-------|
| Mittel | 17,45 | 14,31 | 4,38 |
| Median | 18,00 | 14,75 | 4,00 |
| Modus | 16,00 | 15,00 | 4,00 |
| Standard | 2,32 | 1,55 | 1,08 |
| Abweichung | | | |
| Varianz | 5,38 | 2,42 | 1,16 |

Anschrift des Verfassers:

Dr. Detlef Gronenborn
 Johann Wolfgang Goethe-Universität
 Frankfurt am Main
 Praunheimer Landstr. 70
 D-60488 Frankfurt am Main

Anhang

Maße von rezenten Mahlsteinen in Chinguwa, Borno State, Nigeria

| Unterlieger | Oberlieger | | | | | |
|-------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Länge | Breite | Dicke | Länge | Breite | Dicke | Alter |
| 37.0 | 23.0 | 8.5 | 16.0 | 11.0 | 5.0 | 56 |
| 37.0 | 28.0 | 7.0 | 19.0 | 14.0 | 3.5 | 38 |
| 34.0 | 25.0 | 8.0 | 18.0 | 15.0 | 3.5 | 20 |
| 40.0 | 28.5 | 7.0 | 19.0 | 15.0 | 6.0 | 65 |
| 41.5 | 27.5 | 6.0 | 18.0 | 14.5 | 3.0 | 54 |
| 36.5 | 27.0 | 6.5 | 17.0 | 15.0 | 4.0 | 63 |
| 40.0 | 27.0 | 7.5 | 20.0 | 14.0 | 6.0 | 45 |
| 38.0 | 25.0 | 9.0 | 15.0 | 12.0 | 5.0 | 54 |
| 39.0 | 24.0 | 6.0 | 14.0 | 13.0 | 4.0 | 43 |
| 40.0 | 27.0 | 8.0 | 18.0 | 15.0 | 4.0 | 49 |
| 43.0 | 29.0 | 8.0 | 20.0 | 16.0 | 6.0 | 47 |
| 35.0 | 20.0 | 7.5 | 16.0 | 14.0 | 3.0 | 58 |
| 39.0 | 26.0 | 6.0 | 13.0 | 10.0 | 3.0 | 80 |
| 36.0 | 26.0 | 6.0 | 20.0 | 15.0 | 4.0 | 40 |
| 37.0 | 25.0 | 8.0 | 16.0 | 13.0 | 6.0 | 68 |
| 39.0 | 27.0 | 9.0 | 18.0 | 14.0 | 6.0 | 51 |
| 40.0 | 30.0 | 8.0 | 20.5 | 16.0 | 6.5 | 48 |
| 36.0 | 26.0 | 6.0 | 16.0 | 14.0 | 3.0 | 37 |
| 41.0 | 28.0 | 7.0 | 19.0 | 16.0 | 4.0 | 52 |
| 38.0 | 23.0 | 8.0 | 15.0 | 12.0 | 5.0 | 43 |
| 37.0 | 20.0 | 7.0 | 14.0 | 15.0 | 5.0 | 38 |
| 42.0 | 28.0 | 6.5 | 23.0 | 15.0 | 4.0 | 99 |
| 37.0 | 27.0 | 6.5 | 20.0 | 14.0 | 4.0 | 69 |
| 40.0 | 27.0 | 7.0 | 16.0 | 15.0 | 3.0 | 73 |
| 35.0 | 25.0 | 7.0 | 15.0 | 14.0 | 4.0 | 84 |
| 38.0 | 23.0 | 7.0 | 16.0 | 14.0 | 3.5 | 65 |
| 41.0 | 25.0 | 8.0 | 19.0 | 16.0 | 5.0 | 47 |
| 38.0 | 27.0 | 7.0 | 18.0 | 15.0 | 4.0 | 42 |
| 42.0 | 28.0 | 8.0 | 19.0 | 16.0 | 5.0 | 72 |
| 37.0 | 25.0 | 7.0 | 16.0 | 17.0 | 3.5 | 47 |

Ein frühslawischer Getreidesilo in Březno, Nordwest-Böhmen

Ivana Pleinerová

Auf der experimentellen Arbeitsstelle des Archäologischen Instituts in Březno bei Louny (NW Böhmen) lag den Rekonstruktionsarbeiten von Anfang an (im Jahre 1981) immer ein konkreter Grundriss als Ausgangspunkt zugrunde, der durch die vorangehende Grabung festgestellt worden war (PLEINEROVÁ 1986, 1991). Es wurde dort in der dichten Nähe des frühslawischen Hauses 5 ein Getreidesilo 71 gefunden. Beide Objekte waren später rekonstruiert worden und entsprechen durch Ausmaß, Form, Bodenbedingungen und durch Positionsbeziehung dem archäologischen Befund. Damit wurde eine authentische Basis für den proponierten Versuch mit der Getreidelagerung in einer Vorratsgrube geschaffen. Eine gute Voraussetzung bildete weiter die Tatsache, daß auf dem Gebiet der ehemaligen Tschechoslowakei, besonders in Mähren und in der Slowakei, diese Art der Getreidespeicherung eine lange ununterbrochene Tradition besitzt, die bis in die erste Hälfte des 20. Jhs. andauerte. Es fehlen also nicht die Angaben über die Vorgänge bei der Getreidelagerung in den Gruben, über Details der Bereitung dieser Gruben und auch über ihre Lage im Bezug zum Dorf und zu den Häusern (Mruškovič 1962, Nžnansk 1978). Wenn ausführliche ethnographische Angaben zur Verfügung stehen, könnte es den Anschein erwecken, daß ein Versuch eigentlich überflüssig ist. Obzwar über mehrjährige Getreidelagerung Informatio-

nen existieren, ergibt sich aus ihnen nichts über die Prozesse, die in der Getreidemasse in der Grube verliefen. Wir erfahren nichts von den Keimfähigkeitswerten des Getreides, da keine exakten Messungen und Analysen der Innenatmosphäre durchgeführt und aufgezeichnet wurden. Diese Aspekte zu verfolgen, war eine der Zielsetzungen des Versuches in Březno. Die ethnographischen und archäologischen Belege der Getreidelagerung in den Gruben, hauptsächlich im Bezug zur slawischen Epoche, hat J. Kudrnáč (1958a, 1958b) zusammengetragen, der teilweise am Versuch in Březno partizipierte. An diesem Versuch hat auch B. Soudny teilgenommen, der für die Messungen von CO₂ und O₂ verantwortlich war (beide damals Mitarbeiter des Archäologischen Instituts Prag). Das Prinzip der Getreidelagerung in den Gruben unter anaeroben Bedingungen mit entstehendem Kohlendioxid und abnehmendem Sauerstoff ist bekannt und wurde mehrmals beschrieben, z.B. von J. Kudrnáč (1958a, 1958b) oder P.J.Reynolds (1974). Es ist auch nicht notwendig, die Wichtigkeit des geeigneten Untergrundes, in den die Gruben eingesunken sind, oder die weiteren Hauptvoraussetzungen - trockenes Milieu und trockenes Getreide zu betonen, weil auf diese schon früher wiederholt hingewiesen wurde.

Wir sind von der Voraussetzung ausgegangen, daß es sich im Falle des frühslawischen Silos 71 um Getreide für die Aussaat gehandelt hatte. Deswegen und auch mit Rücksicht auf die ethnographischen Angaben über die mehrjährige Lagerung von Getreide haben wir den Versuch auf zwei Jahre festgesetzt.

Verlauf des Versuches.

1. Vorbereitung der Grube.

Eine regelmäßige, walzenförmige Grube wurde in den Mergeluntergrund eingegraben. Sie besaß den Oberdurchmesser von 122 cm, den Unterdurchmesser von 110 cm und hatte eine Tiefe von 150 cm (Abb.1:1). Dies entsprach, wie schon erwähnt, dem Befund der ursprünglichen



1



2



3



4

Abb. I: Vorbereitung des Versuchssilos

1. die eingegrabene Versuchsgrube, 2. Ausbrennen der Grube, 3. Strohauskleidung, 4. Rasensodenschicht und kleines Dach über der Grube.

Grube 71. (Es handelte sich um einen walzenförmigen Typ, der nicht nur in der frühslawischen, sondern hauptsächlich in der vorgeschichtlichen Zeit benutzt wurde. Er unterscheidet sich von den birnenförmigen Gruben, die für die jüngeren slawischen Phasen und für die spätere Zeit auf dem tschechischen Gebiet charakteristisch sind).

Bei der Vorbereitung der Grube sind wir den ethnographischen Angaben nach vorgegangen. In der Grube wurde das Feuer angelegt, um ihren Boden und ihre Wände auszutrocknen (Abb. I:2). Man hat dies Ausbrennen dreimal wiederholt. Diese Praktik besitzt auch einen Desinfektionseffekt. Nach zwei Tagen wurden der Boden und die Wände der Grube mit einer

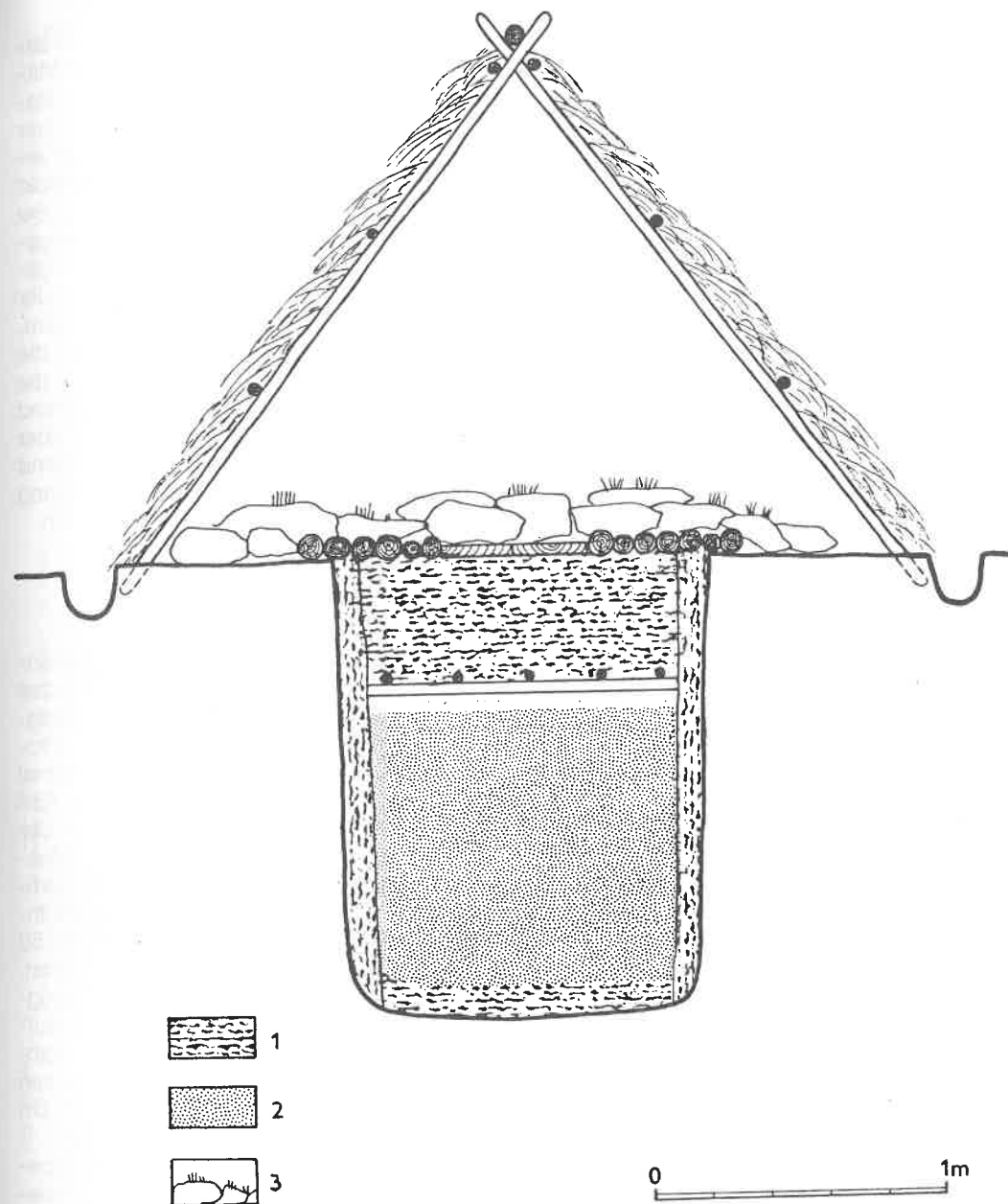


Abb. II: Schnitt durch das Versuchssilo.

Erklärungen: 1 Stroh, 2 Getreide, 3 Rasensoden.

Strohauskleidung ausgestattet (Abb. I:3). Es handelte sich um eine Strohmatten von 7 cm Stärke. Wir haben diese Alternative gewählt, weil an den Wänden der Grube 71 keine Spuren der Befestigung der Verkleidung festgestellt wurden. Von der

vorgeschichtlichen bis in rezente Zeit sind vereinzelt an den Wänden der Gruben Spuren von Holzpflöcken nachweisbar, die Auskleidung, meistens von Strohbindeln, festhielten (Nekuda 1986, 62).

2. Anfang des Versuches

Es wurde am 28.9.1988 um 10.15 Uhr bei sonnigem, windstillem Wetter und bei einer Temperatur von 19° C mit der Lagerung von Getreide in die Grube begonnen. Es handelte sich um Weizen moderner Abart, der aber nicht mit Konservierungsmitteln behandelt wurde. Das Getreide besaß eine Feuchtigkeit von 14,2%.

3. Die Lagerung des Getreides

Das Getreide wurde in die Grube geschüttet und gestampft. Um 11.30 Uhr war die Arbeit beendet. Es wurden 6,5 Meterzentner Weizen gelagert, und die zwei unteren Drittel der Grube aufgefüllt. Während des Zuschüttens wurden drei Gummischläuche zur Probenentnahme der Atmosphäre installiert und zwar 10 cm, 50 cm und 100 cm über dem Boden der Grube. Danach wurde die Temperatur gemessen. Die Außentemperatur stieg inzwischen auf 22° C, die Innentemperatur, die während 20 Min. dicht über dem Boden des Silos gemessen wurde, erreichte 18° C.

4. Weitere Arbeiten in der Grube

Das obere Drittel der Grube wurde den ethnographischen Angaben entsprechend ausgestattet: über dem gestampften Getreide wurde eine 7 cm starke Schicht freigelassen, über der wurde ein leichtes Kreuz aus Ruten installiert, das das Stroh festhielt, welches die Abdichtung des Oberteils der Grube bildete (Abb. II).

5. Zuschließen der Grube

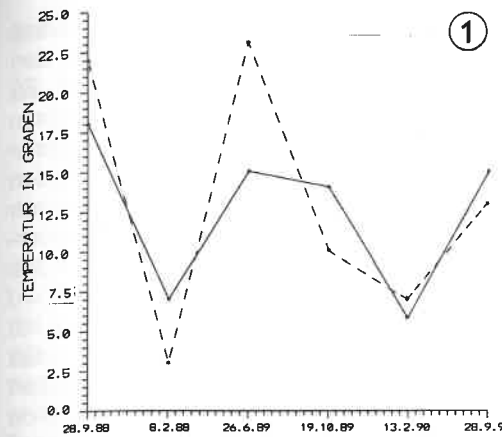
Niveau der Oberfläche wurde die Grube mit dicht anliegenden Halbrundhölzern - im Mittelteil mit Bohlen - geschlossen. Die Fugen wurden mit Lehm abgedichtet. Der Mittelteil wurde als ein Holzverdeck konstruiert, das im Bedarfsfall für die Messungen und Probenentnahmen abnehmbar war. Über den Hölzern wurden Rasenso-

den aufgeschichtet und zwar mit der Grasnarbe nach unten, mit Ausnahme des Mittelteils, wo es umgekehrt geschah. Dadurch entstand eine Kennzeichnung. Über der Grube wurde ein kleines Satteldach errichtet und mit Strohbindeln bedeckt (Abb. I:4). Das Dach saß auf der Erde. Bei seinem Fuß hat man eine Entwässerungsrinne ausgegraben. Alles war darauf gerichtet, Luftzufuhr und Eindringen der Feuchtigkeit in das Objekt zu verhindern. Aus Betriebsgründen mußte man an die Grube von der Südseite treten, wofür die südliche Stirnseite offen blieb, während die nördliche geschlossen war. Es war aber wünschenswert, daß die Grube dauernd beschattet war, sodaß wir den Südeingang mit freigelegten Bohlen zugedeckt haben.

6. Messungen und Probenentnahmen.

Man hat periodisch die Außen- und Innentemperatur gemessen und die Proben des Getreides zur Feststellung der Keimfähigkeit und der Feuchtigkeit entnommen. Proben der Innenatmosphäre wurden zweimal entnommen und analysiert. Auf den fünf Graphiken (Abb. III) befindet sich auf der horizontalen Linie der Zeitraum der Messungen und der Entnahmen, auf der vertikalen Linie die festgestellten Werte. Die Innentemperatur wurde in der Tiefe von 50 cm über dem Boden des Silos gemessen. Ebenso wurden die Proben für Keimfähigkeit und Feuchtigkeit aus dieser Tiefe entnommen, erst die letzten zwei Entnahmen wurden in drei Tiefenhorizonten durchgeführt: 10 cm, 50 cm und 100 cm über dem Boden der Getreidegrube.

Anfangswerte am 28.9.1988: Außentemperatur 22° C, Temperatur in der Getreidegrube 18° C, Keimfähigkeit 94%, Feuchtigkeit 14,2%. Anfangswert am 8.2.1989: Kohlendioxid 0,15% in allen Tiefen, Sauerstoff 20,44% in der Tiefe von 10 cm, 20,58%, in der Tiefe von 50 cm und 20,48%, in der Tiefe von 100 cm über dem Boden. (Vergleich mit der Außentemperatur: CO₂ - 0,03; O₂ - 20,92). Im weiteren wird auf die Graphiken in der Abb. III verwiesen.



- ① Temperatur im Getreidesilo ———
 Außentemperatur - - - - -
 ②-⑤ 10 cm über dem Boden ———
 50 " " ———
 100 " " - - - - -
 (④ In allen Tiefen Werte gleich)

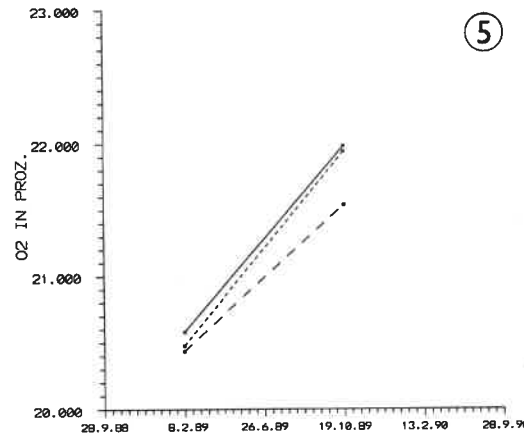
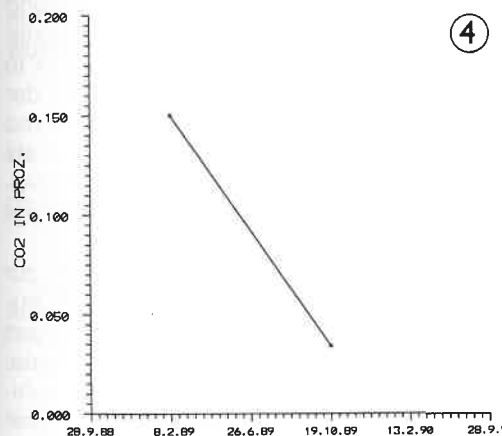
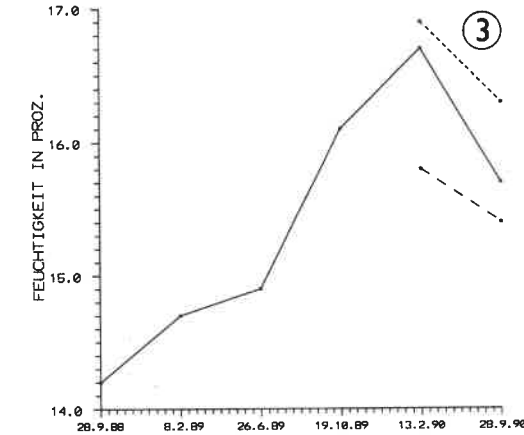
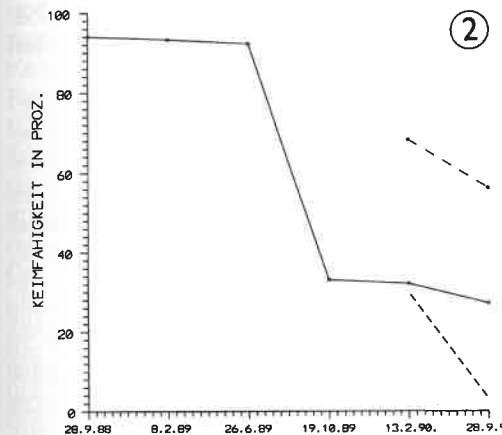


Abb. III: Bedingungen der Getreidelagerung im Versuchssilo. Graphiken. 1 Temperatur, 2 Keimfähigkeit, 3 Feuchtigkeit, 4 CO₂, 5 O₂.

7. Ergebnis des Versuchs

Die Aufmerksamkeit wurde auf die Keimfähigkeit des Getreides gerichtet. Nach neun Monaten blieb diese fast unverändert mit einem minimalen Rückgang um 2% auf 92%. Nach weiteren ca. vier Monaten kam es aber zu einem drastischen Rückgang auf lediglich 33% der bei den Proben in 50 cm Tiefe über dem Boden des Getreidesilos festgestellt wurde. Nach einem weiteren Jahr, das heißt, im zweiten Jahr der Lagerung, wurde ein geringeres Herabsinken der Keimfähigkeit um weitere 6% festgestellt. Wie aber die in der Tiefe differenzierten Entnahmen vom 13.2.1990 gezeigt hatten, war die Keimfähigkeit des Getreides vom unteren Teil der Grube höher, sie lag bei 68%. Nach weiteren sieben Monaten - bei der Beendigung des Versuches am 28.9.1990 - wies die Keimfähigkeit des Getreides vom Unterteil der Grube einen Rückgang auf 56% auf.

Die Qualität des Getreides nach zwei Jahren der Lagerung war gut, das Getreide war nicht muffig oder schimmelig. Nur dicht an den Wänden der Grube erschien eine dünne Schicht von schimmeligem (gekeimtem?) Getreide mit dem Vorkommen von *Penicillia* spp., *bakteriosa*, schwach auch *Arternaria* spp.

Den Versuch von Březno kann man mit einigen ähnlich orientierten Experimenten vergleichen. Getreidelagerungsversuche in acht vorgeschichtlichen Silos wurden in der ersten Hälfte der achtziger Jahre im Tale des Flusses Aisne in Frankreich durchgeführt. Ein Bericht darüber erschien aber erst im vorigen Jahre (Devos, Firmin 1993, 276-282). Obwohl die Bedingungen des Versuches ungünstig waren - sandiger Untergrund, große Feuchtigkeit des Getreides (16%-18,5%) - ist eine gute Qualität des Getreides bei der Lagerung unter einem Jahr festgestellt worden. (Bei einer zweijährigen Lagerung war der gesamte Inhalt der Grube verdorben und schimmelig). Bei einer kürzeren Lagerung blieb die Hauptmasse des Getreides in gutem Zustand, an den Wänden jedoch, in einer 5 cm starken Schicht, war das Getreide verfilzt und hatte gekeimt. Dort erschien auch

Schimmel. Es scheint aber, daß diese Schicht den Hauptinhalt des Silos vor den ungünstigen Einflüssen geschützt hat. Zu einer ähnlichen Situation kam es in Březno. Die übrigen Parameter kann man aber nicht vergleichen. Das Getreide bei den französischen Versuchen verlor praktisch seine Keimfähigkeit, in einem einzigen erwähnten Falle wird der Wert von 1%-3% angeführt.

Aus einer knappen Erwähnung von J. Meurers-Balke (1985,16) ergibt sich, daß bei einer kurzfristigen Lagerung bei Elsdorf während des Winterhalbjahrs das Getreide unverändert blieb, mit Ausnahme einer 2 cm starken Schicht an Wänden der Grube, und daß es zur Aussaat benutzt worden sein könnte.

P.J.Reynolds (1974) befaßte sich ausführlich mit der Problematik der Getreidelagerung in den Gruben. Vom Gesichtspunkt des Versuches in Březno sind zwei seiner Feststellungen interessant. Bei einer kürzeren Lagerung ist das Entstehen einer dünnen Schicht von gekeimtem Getreide mit Mikroflora (manchmal auch mit Schimmel) an den Wänden des Silos zu beobachten, während die Hauptmasse des Getreides unverändert blieb oder nur einen schwachen Rückgang an Keimfähigkeit aufwies. Die zweite Feststellung betrifft die Komplikationen, die bei einer längeren Lagerung entstehen, die auch in der warmen Sommerzeit verläuft. Bei der zweijährigen Getreidelagerung in Březno hat sich die erste Sommersaison als kritisch für den Rückgang der Keimfähigkeit die erste Sommersaison gezeigt (Abb.III:2).

Es scheint wahrscheinlich, daß das zur Aussaat bestimmte Getreide in den Gruben nur verhältnismäßig kurze Zeit gelagert wurde - etwa sechs bis sieben Monate. Auf anderer Seite stehen die ethnographischen Angaben, die eindeutig davon sprechen, daß manchmal das Getreide in den Gruben für mehrere Jahre gespeichert wurde. Dazu muß aber gesagt werden, daß wir nicht wissen, zu welchen Änderungen es bezüglich der Keimfähigkeit des Getreides gekommen ist.

8. Zusammenfassung

Bei der Getreidelagerung bis zu neun Monaten - von Ende September bis Ende Juni - blieb die Keimfähigkeit des Getreides fast unverändert, und es konnte zur Aussaat verwendet werden. Für die hypothetische Aussaat in der nachfolgenden Saison müßte das Getreide vom Unterteil der Grube benutzt werden, dessen Keimfähigkeit in der betreffenden Zeit um 65% betrug, während im Mittel- und Oberteil wesentlich niedrigere Werte vorlagen. Diese Werte entsprechen nicht der zur Zeit aktuellen Norm, aber wir wissen nicht, ob in der vor- und frühgeschichtlichen Zeit im Bedarfsfall auch das Getreide mit solcher niedrigeren Keimfähigkeit benutzt werden konnte. P.J. Reynolds (1974,124) gibt 50% der Keimfähigkeit als guten Mittelwert für einen erfolgreichen Versuch an. Das Getreide nach dem zweijährigen Versuch von Březno war im guten Zustand und zur Nahrungsvorbereitung völlig geeignet.

Der Vorteil des Getreidelagerungsversuches in Březno liegt in der Authentizität seiner Bedingungen und in der Möglichkeit, die ethnographischen Angaben, die unmittelbar das tschechische Gebiet berühren, ausnützen zu können. Ein Nachteil stellt die Tatsache dar, daß dort bisher nur ein einziges Experiment durchgeführt wurde.

Literatur:

- DEVOS, M.F., FIRMIN, G. (1993): Une experience d'agriculture sur brulis dans la vallée de l'Aisne. In: Les fouilles préhistoriques dans la vallée de l'Aisne, Paris, 253-293.
- KUDRNAČ, J. (1958a): Staroslavanské obilnárství vč eskch zemích. Die altslawische Getreidewirtschaft in den böhmischen Ländern, Památky archeologické XLIX, 478-498.
- KUDRNAČ, J. (1958b): Skladování obilí v jamách - obilnicích. Lagerung von Getreide in Gruben - Speichern, Vznik a počátky Slovanů II, Praha, 233-252.
- MEURERS-BALKE, J. (1985): Experimente zum Aufbau und zur Verarbeitung prähistorischer Getreidearten, Archäologische Informationen 5, 8-17.

MRUŠKOVČ, (1962): Príspevok k výskumu uskladovania obilia v obilných jamách na Záhorí. Die ethnographische Erforschung der Lagerung von Getreide in Getreidegruben in Záhorie, Sbornik filozofickej fakulty university Komenského XIII(II), MUSAICA, Bratislava, 56-69.

NEKUDA, V. (1986): Obilné jámy v zaniklých Mstěnicích. Die Getreidegruben in der Wüstung Mstěnicich, časopis Moravského muzea LXXI, 59-155.

NIŽNANSKÝ, J.R. (1978): Produkcia obilia za jámového uskladovania a jeho terminologia na okolie Trnavy. Die Produktion von Getreide bei dessen Lagerung in Gruben und die diesbezügliche Terminologie in der Umgebung von Trnava in Zapadné Slovensko, Vlastivedný zborník muzei 5, Bratislava 46-82.

PLEINEROVÁ, I. (1986): Bezno: Experiments with building Old Slavic houses and living in them, Památky archeologické LXXVII, 104-176.

PLEINEROVÁ, I., (1991): An Experimental Station at Březno near Louny (NW Bohemia). In: Archaeology in Bohemia 1986-1990, Praha, 256-259.

REYNOLDS, P.J., (1974): Experimental Iron Age Storage Pits: An Interim Report, Proceedings of the Prehistoric Society 40, 118-131. Abbildungen.

Anschrift der Verfasserin:

Ivana Pleinerová
Archäologisches Institut
Letenská 4
118 01 Prag
Tschechische Republik

Der Höllberghof bei Langengrassau/Niederlausitz. Rekonstruktionsversuch historischer Wirtschaftsweisen

Hubert Illig

Die aktuelle Ausstellung „Experimentelle Archäologie in Deutschland“ zeigt einen Beitrag zum Feldflorareservat bei Luka-Freesdorf/Niederlausitz. In diesem Projekt sind paläoethnobotanische Fragestellungen zu historischen Landnutzungsformen mit Zielstellungen des Arten- und Biotopschutzes verknüpft. Seit 1981, dem Zeitpunkt der Einrichtung des kleinen Reservates und Beginn der Bewirtschaftung im Zyklus der Dreifelderwirtschaft, wurden eine Reihe von Kenntnissen gewonnen, die in ein neues, größeres Vorhaben einmünden: Mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg wird bei Langengrassau/Kreis Dahme-Spreewald der Höllberghof errichtet. Träger des Vorhabens ist der Förderverein „Naturpark Niederlausitzer Landrücken e.V.“ Ziel des Pilotprojektes ist die Rekonstruktion historischer Landnutzungsformen.

Den Ausgangspunkt bildete die Erkenntnis, daß um 1800 - also noch vor den preußischen Agrarreformen - infolge differenzierter und überwiegend kleinflächiger Landnutzung die größte standörtliche Diversität und in Verbindung damit auch höchste Biotop- und Artenvielfalt gegeben war. Es lag daher nahe, an einem ausgewählten Landschaftsausschnitt - hier dem Naturschutzgebiet „Höllenberge“ mit etwa

400 ha Fläche - nachzuweisen, wie sich ein Rekonstruktionsversuch alter Landnutzungsformen auf den Naturraum, seine Lebensräume und Arten auswirkt.

Da historische Bauernhöfe mit intakter Bausubstanz in der nordwestlichen Niederlausitz praktisch nur noch in musealen Einrichtungen existieren, wurden in einem ersten Schritt Reste alter Höfe aufgenommen. Daraus ergab sich die Rekonstruktion eines Dreiseiten-Fachwerkhofes mit dazugehöriger Scheune, beide mit Schilfrohrdächern. Als Erweiterungsbauten gehören zum Hof ein Taubenständerhaus, Backhaus und ein Bienenstand sowie ein Kommunikationsbereich. Für den Aufbau des Hofes wurde ein Standort am Rande des Naturschutzgebietes ausgewählt. Er befindet sich auf der Hochfläche der Rochauer Heide, die zum saalekaltzeitlichen Endmoränenzug „Niederlausitzer Landrücken“ gehört. In der Umgebung liegen reich gegliederte Ackerfluren und das Kernwaldgebiet der Rochauer Heide. Beide Bereiche sind spätestens seit dem hochmittelalterlichen Landesausbau in kontinuierlicher wirtschaftlicher Nutzung. Aus einer Höhe von 140 m NN fallen die Hänge des Schutzgebietes auf ca. 90 Meter NN in Richtung der kuppigen Grundmoräne, dem Luckauer Becken, ostwärts ab. Noch heute gehören zum Gebiet der Höllenberge trockene Kiefern-Forsten, naturnahe Mischwaldpartien und Erlenbrüche, Quellen und Bachläufe, Triften und Heideflächen, ein Teich und kleine Moorflächen sowie Grünland in unterschiedlicher Nutzung als Viehweiden und Mähwiesen. Gegenwärtig noch verwaldet ist ein ehemaliger Weinberg. Hinter dem Struktur-reichtum des Schutzgebietes verbirgt sich ein hohes Artenpotential, das bei geeigneter Bewirtschaftung den Wert der Flächen im Sinne des Naturschutzes deutlich zu steigern vermag.

Mit dem Aufbau des Hofes wurde im Frühjahr 1992 begonnen. Beteiligt sind daran überwiegend heimische Gewerke; nur zur Ausfüllung der Gefache standen keine Firmen zur Verfügung. Aus diesem Grunde



Abb. 1: Architektonische Vorlage für den Dreiseitenhof - Wohnstallhaus in der nordwestlichen Niederlausitz (erbaut um 1820)



Abb. 2: Hochfläche der Rochauer Heide - Standort des Höllberghofes vor Baubeginn (1991). Foto: J. Sauer

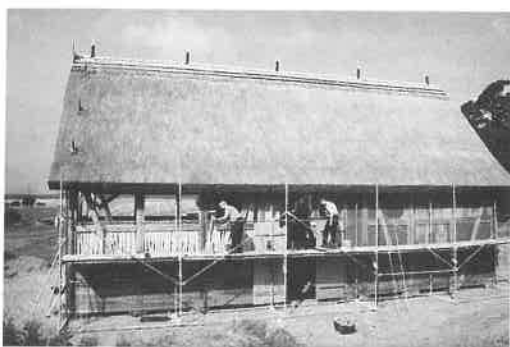


Abb. 3: Höllberghof bei Langengrassau - Ausfachen an der Scheune mit Staken und Lehm-Gemisch. Foto: H. Illig



Abb. 4: Aufrichten des Fachwerkes am Dreiseitenhof. Foto: J. Sauer



Abb. 5: Der Höllberghof aus der Luft (Frühjahr 1993). Foto: J. Sauer



Abb. 6: Rückzuchtungsversuch eines mittelalterlichen Weideschwein-Typs. Foto: H. Illig

gestaltete der Förderverein im Sommer 1992 ein Lehmfachwerkseminar, in dem die alte Technik des Lehmausfachens erlernt und praktisch angewandt werden konnte. Im Frühjahr 1995 soll die Aufbau-phase abgeschlossen sein.

Die Grundlagen für den Tierbestand des Höllberghofes sind mit der Anschaffung und Nutzung historischer Haustierrassen bereits gelegt:

- Rind (Original Schwarzbunte),
- Schwein (mittelalterlicher Weideschwein-Typ),
- Schaf (Skudde),
- Ziege (Mischbestand aus Edelziege und Thüringer Waldziege),
- Geflügel (Nachzuchten von Graugans und Stockente),
- Pferd (Rassezucht Polnisch Konik).

Hier bildet der Rückzuchtungsversuch eines mittelalterlichen Weideschweines gegenwärtig einen Schwerpunkt. Auf der Basis von Erfahrungen im Museumsdorf Berlin-Düppel verläuft die Züchtung aus Wildschwein, Deutschem Edelschwein, Rotbuntem Weideschwein und Ungarischem Wollschwein. Die Tiere werden ganzjährig frei gehalten.

Für die verschiedenen Grünlandflächen ist eine differenzierte Nutzung als ein- und zweischürige Wiese, partielle und Dauer-Weide vorgesehen. Die Renaturierung des ehemaligen Weinberges geschieht mit dem Ziel der Erhaltung historischer Wein-Land-sorten der Niederlausitz.

Die Ackerflächen werden überwiegend mit alten Landsorten (z. B. Weißhafer, Düppeler Winter-Roggen) im Zyklus der Dreifelderwirtschaft bebaut. Die zum weiteren Hof-Bereich gehörenden Flächen werden als Obst-Grasgarten, Gemüse-Blumengarten (sog. Kohlhof) und Rasen-Freifläche gestaltet.

Das gegenwärtig in der Erarbeitung befindliche Wirtschaftskonzept für den Höllberghof sieht folgende Funktionen vor, die



Abb. 7: Skudden-Schafherde in der Grünland-flur des Hofes. Foto: H. Illig

eine weitgehende Eigenständigkeit des Hofes ermöglichen sollen:

- vertraglich abgesicherte Landschaftspflege und Naturschutzarbeiten,
- Eigenerwirtschaftung und Verkauf von spezifischen Agrarprodukten,
- Einbindung in das Fremdenverkehrskonzept der Region (Wanderwegenetz, Gastronomie spezieller Art, Reiten, Erlebnis-Hof u.a.),
- Umweltbildung im Rahmen von Naturschutz und Landwirtschaft (Schulklassenprogramme, Lehrerfortbildung für Berlin und Brandenburg, Studentenseminare, Kinderspielplatz),
- Sonderprogramme (ökologischer Landbau, Behindertenwerkstatt, freiwilliges ökologisches Jahr, wissenschaftliches Forschungsprogramm u. a.).

Anfragen sind zu richten an:

Förderverein „Naturpark Niederlausitzer Landrücken e.V.“
15926 Waltersdorf, Gutshof,
Tel./Fax 035454/275
oder Umweltzentrum Luckau
15926 Luckau, Hauptstr. 21,
Tel./Fax 03544/3070

Überlegungen zur „Rekonstruktion“ des Zeltbefundes von der Poggenwisch

Frank M. Andraschko, Ernst Giese und Jost Lohmann

Im Zusammenhang mit Versuchen zur experimentellen Archäologie ist auch immer wieder von „Rekonstruktionen“ die Rede. Aus denkmalpflegerisch-konservatorischer Sicht versteht man unter „Rekonstruktionen“ die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes untergegangener Kulturdenkmale aufgrund schriftlicher Überlieferung, vorgefundener Pläne und erhaltener Einzelteile. Für die Durchführung einer Rekonstruktion sollten mind. 50 % der Originalsubstanz erhalten sein (KIESOW 1982). In den seltensten Fällen erreicht die prähistorische Archäologie mit ihren Methoden und Ausgrabungsbefunden ur- und frühgeschichtlicher Behausungen derartige Prozentsätze an erhaltener Originalsubstanz. Deshalb kann die Übertragung dieses Begriffs in seinem denkmalpflegerischen Sinne auf prähistorische „Rekonstruktionen“ irreführend sein (AHRENS 1988; SCHMIDT 1993 ; ULBERT/ WEBER 1985; VERBAND 1991).

Das archäologische Experiment soll, im Gegensatz zur Rekonstruktion, nach Jens Lüning (LÜNING 1991) helfen, den Originalzustand einzugrenzen und unmögliche Lösungen auszuschließen. Mit einem Modell soll der Originalzustand nach sorgfältiger Analyse in Ansätzen wiederhergestellt werden. Demzufolge soll hier ganz bewußt von Modellen im Maßstab 1:1 die Rede sein, die ganz ausdrücklich nicht den Anspruch erheben, Originale zu zeigen, son-

dern lediglich versuchen, sich dem ursprünglichen Zustand anzunähern. Ein solches 1:1- Modell kann in der Umsetzungs-, Aufbau- und Gebrauchsphase auch für experimentelle Beobachtungen und archäologische Experimente genutzt werden (ANDRASCHKO 1990; COLES 1979). Es stellt aber im musealen Bereich für den Besucher als Exponat eine Anschauungsmöglichkeit dar.

Grundüberlegungen und Strategie

Die Entwicklung eines Modells ist hier in sechs Schritte aufzugliedern:

Für die Entwicklung eines Modells sollten aus den verschiedenen Wissensgebieten umfassend Informationen gesammelt werden. Diese Strategie setzt interdisziplinäres Arbeiten voraus und erhebt (mit Einschränkungen) einen ganzheitlichen Anspruch (CHALMERS 1989:36/37). Es soll sich aus den verschiedensten Anforderungen ein eng vernetztes Gesamtbild ergeben, aus dem sich ein Modell entwickelt, dessen Entstehung und Konzeption nachvollziehbar ist und zu Rückkoppelungen führen kann (vgl.z.B. CLARKE 1972, Abb. 1). Erst diese Transparenz bietet die Grundlage zur fachlichen Diskussion, Revision und Weiterentwicklung des erarbeiteten Modells. Aus diesem Grund wurden für diese Überlegungen lediglich publizierte und allgemein zugängliche Forschungsergebnisse verwendet, die damit wissenschaftlich überprüfbar sind.

Diese allgemeinen Ausführungen sollen am Beispiel des bekannten Zeltringbefundes von der Poggenwisch im Ahrensburger Tunneltal verdeutlicht werden. Wir gehen dabei von einem hohen Anpassungsgrad des ur- und frühgeschichtlichen Menschen an seine Umwelt und einem hohen Spezialisierungsgrad aus.

Die Fragestellung lautete: Wie kann ein Zelt jungpaläolithischer Jägergruppen nach dem Befund von der Poggenwisch ausgesehen haben ?

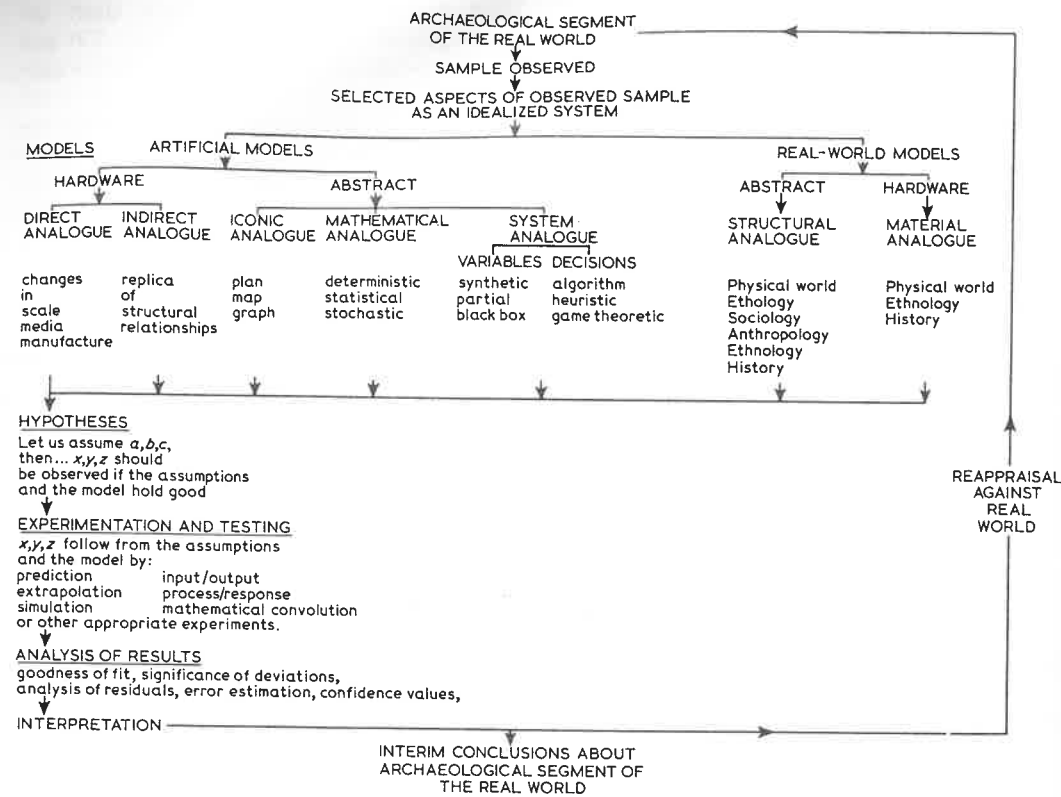


Abb. 1: Ein Beispiel für ein archäologisches Operationsmodell (nach CLARK 1972: 12).

Wie ist dieses Ziel zu erreichen ?

1. Durch Sammlung relevanter Daten in Form eines wissenschaftlicher Kataloges

1.1 Archäologische Befunde (Auswahl):

Folgende aussagefähige Fundplätze, bei denen Herd- und Kreiswallreste aus Sand oder Steinen angetroffen wurden, wurden zur Modellbildung herangezogen:

Poggenwisch, Schleswig-Holstein (RUST 1958; Abb. 2)

Buhlen, Hessen (FIEDLER 1990)

Gönnersdorf, Zone B, Rheinland-Pfalz (TERBERGER 1991)

Oelknitz, Thüringen (BEHM-BLANCKE 1976)

Deimern, Niedersachsen (TROMNAU 1975a)

Dömös, Ungarn (GABORI-CSANK 1984)

Mal'ta, Sibirien (GERASIMOV 1961; Abb. 3)

Zwei davon, Dömös und Mal'ta, erlauben eine weitergehende und abzusichernde Rekonstruktion des Zeltaufgehenden.

1.2 Archäologische Funde (Werkzeuge und Materialien):

Von der Poggenwisch sind zahlreiche Flintartefakte belegt, u.a. Zinken, Stichel und Kratzer. Weiterhin wurden bearbeitete Ge-

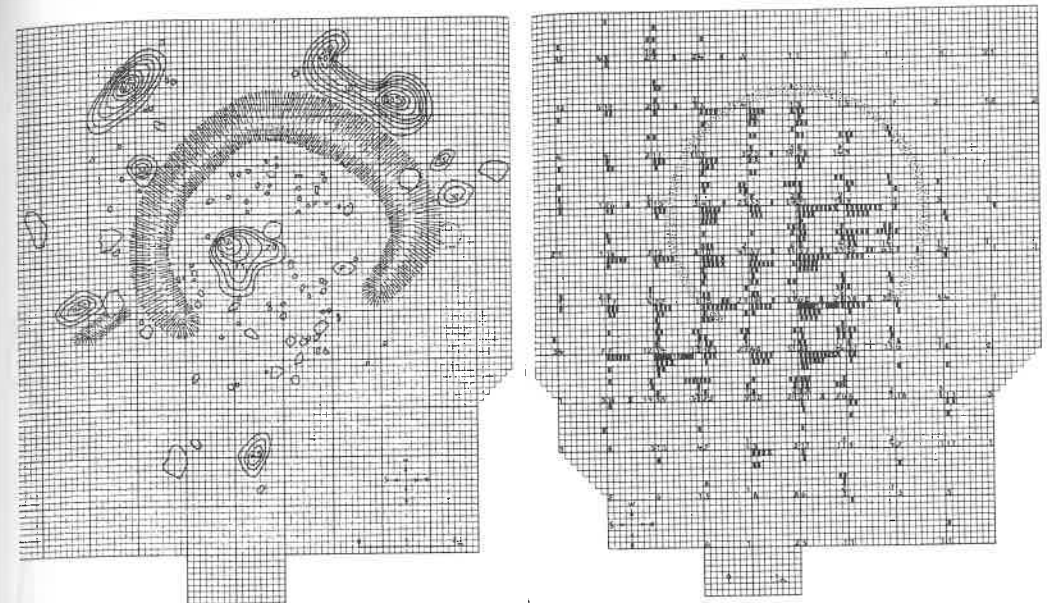


Abb. 2: Grabungsbefund und Artefaktverteilung von der Poggenwisch (nach RUST 1958:100 u. 101).

weih- und Knochenartefakte aufgefunden (RUST 1958), die zur Herstellung einer Zelthaut eingesetzt worden sein könnten (Abb.4). Funde aus vergleichbarem zeitlichen und kulturellen Kontext liegen von anderen Plätzen vor, wo auch weitere Nadeln erhalten sind (z.B.Kesslerloch - AMMANN u.a. 1988; Abb. 5). Leder-, Haut- und Pelzfunde dieser Zeitstellung sind unseres Wissens bisher nicht sicher belegt (SCHEER 1984).

1.3 Botanische Belege zur Umwelt

Als weiteres Element kann man Untersuchungen über die ehemaligen Umweltverhältnisse heranziehen. Im Falle des Befundes von der Poggenwisch sind das nach Schürtrumpfs ersten Untersuchungen die allgemeinen naturräumlichen und klimatischen Bedingungen der ältesten Dryaszeit mit tundrenartiger Vegetationsdecke und entsprechendem Faunenbesatz gewesen (in RUST 1958) . Neuere Datierungen setzen die Hamburger Kultur absolut etwa zwischen 11000 und 10000 v.Chr. an, was dem Meiendorf-Interstadial entspricht, in

dem *Betula pubescens*, die bis zu 25 m Wuchshöhe erreichende Moor-Birke, allmählich einwanderte.(6 und 7).

1.4 Zoologische Belege zur Umwelt

Die zoologischen Spezialuntersuchungen von Herre und Requate belegen für die Poggenwisch als ökonomische Basis die Jagd, vor allem auf Rentiere (in RUST 1958).Für die Poggenwisch sind mind.15 Rentiere (*Rangifer articus*) nachgewiesen. Derartig modifizierte Wirtschafts- und Jagdstrategien haben zahlreiche weitere Untersuchungen an anderen Plätzen für das Jung- und Endpaläolithikum bestätigen können (ALBRECHT 1979, 1983; BOKELMANN 1991; TROMNAU 1976; VANG PETERSEN & JOHANSEN 1991; WENIGER 1982). Somit ist davon auszugehen, daß im ausgehenden Jungpaläolithikum Mitteleuropas hochspezialisierte, auf die Rentierjagd ausgerichtete Populationen mit einer mobilen Lebensweise existiert haben, die auch Zelte als Behausungen nutzten, von denen Reste aufgedeckt werden konnten.

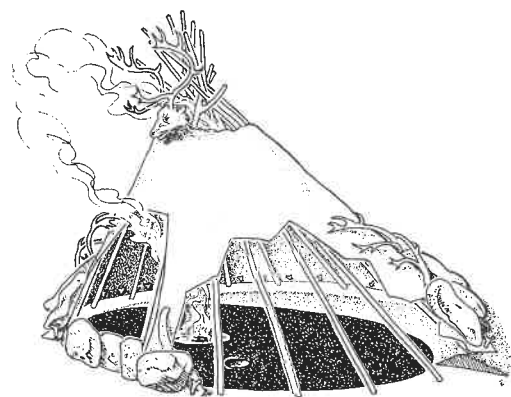
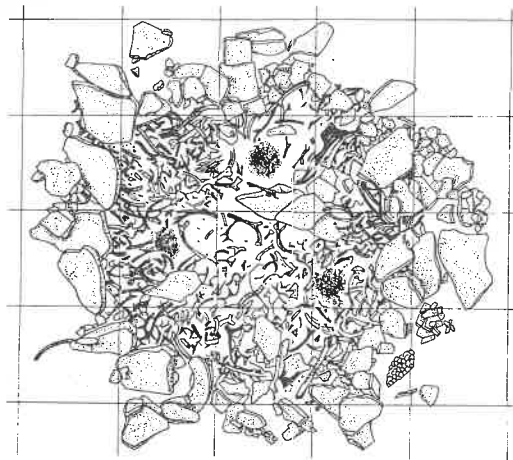


Abb. 3: Grundriß und Rekonstruktion des Befundes von Mal'ta (nach BOSINSKI & EVERS 1979:49 u. 54).

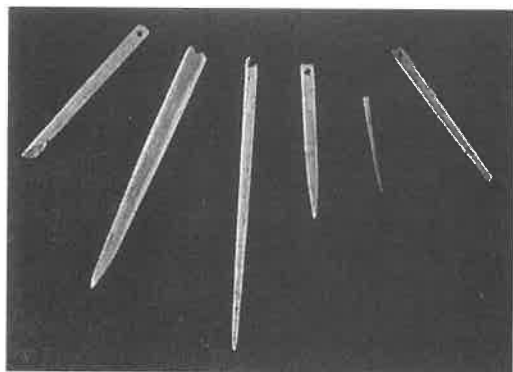


Abb. 5: Knochennadeln aus dem Kesslerloch (nach ALBRECHT & WOLLKOPF 1990:29).

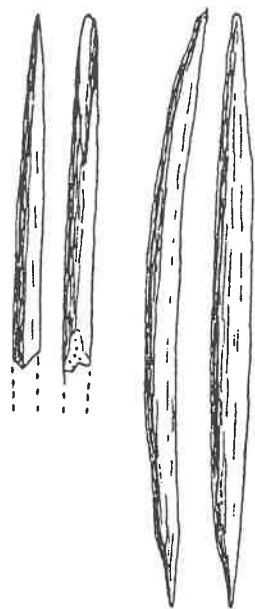
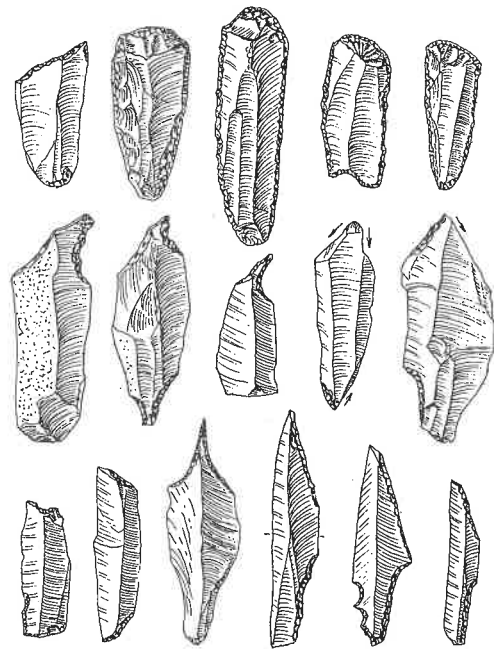


Abb. 4: Artefakte von der Poggenwisch (nach RUST 1958:107 und RUST 1978:149).

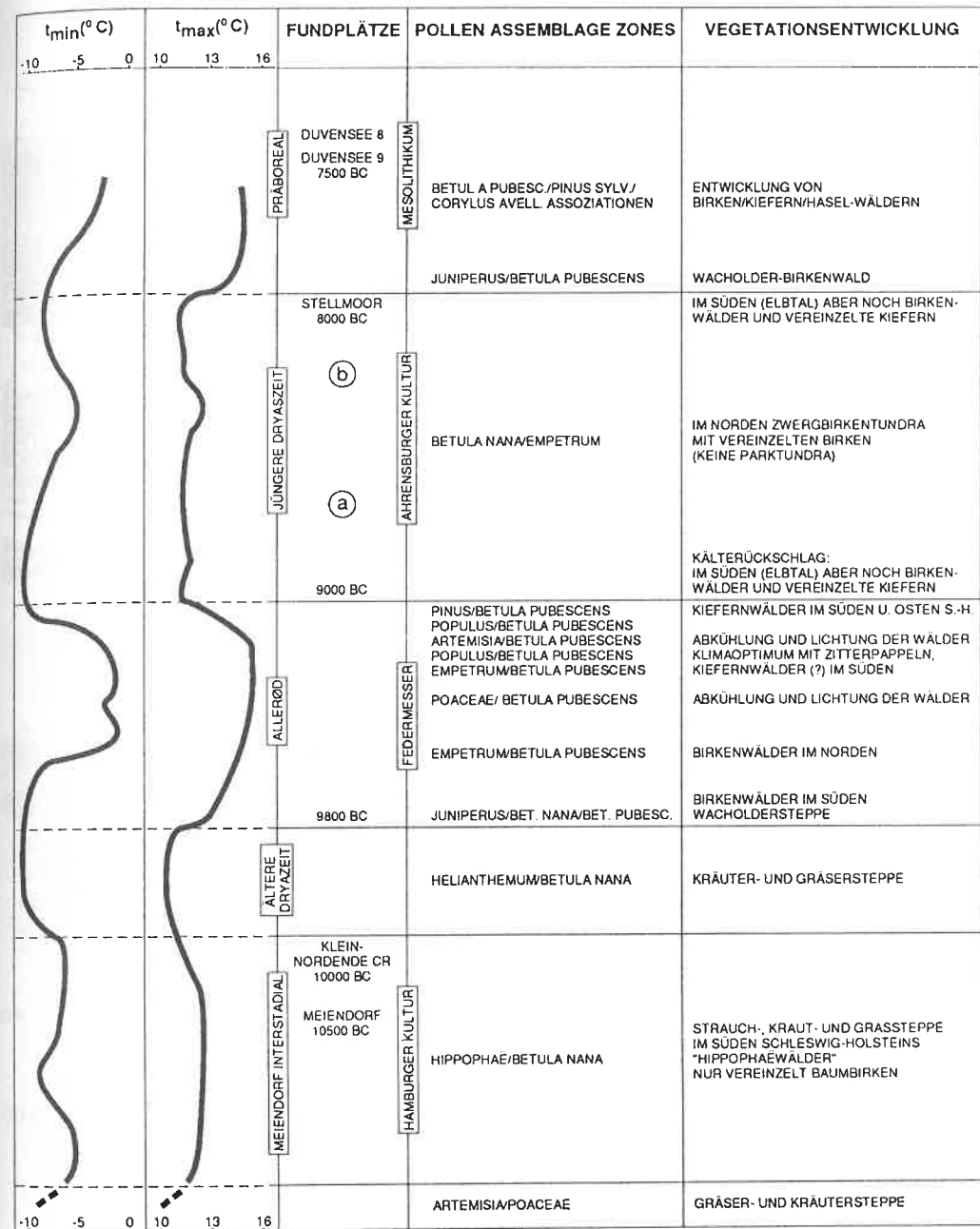


Abb. 6: Chronologische Synopse der wichtigsten spätglazialen und frühholozänen archäologischen Fundplätze Schleswig-Holsteins mit gleichzeitigem Klima- und Vegetationsabschnitt (nach BOKELMANN 1991:75).

1.5 Geologische und bodenkundliche Daten

Die entsprechenden Untersuchungen K. Gripps (in RUST 1958, vgl. auch GRUBE, HOMCI und MIEHLICH in TROMNAU 1975) belegen für den älteren, hier zur Debatte stehenden Abschnitt im Ahrensburger Tunneltal einen Permafrostboden, der im kurzen Sommer nur an der Oberfläche auftaute. Durch das nicht immer zügige Abfließen des Schmelzwassers bildeten sich viele Tümpel und siedlungsungünstige sumpfige Flächen.

1.6 Anthropologische Daten:

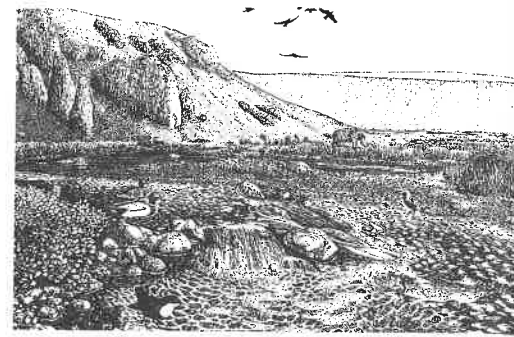
Die damalige menschliche Körpergröße ist für Überlegungen zur Höhe spätpaläolithischer Behausungen ebenfalls von Interesse; aufschlußreiche Bestattungen sind aber ausgesprochen selten. Der 50 - 60 Jahre alte Mann aus der Doppelbestattung von Bonn-Oberkassel war 1,60 m groß, die 20 bis 25 Jahre alte Frau 1,55 m (HENKE 1986).

1.7 Analogien aus der Völkerkunde

Da bisher keine archäologischen Befunde und Funde zu Gerüstkonstruktion, Zeltzuschnitt, Gerb- und Nähetechniken etc. überliefert sind, wurde auf ethnographische Analogien bezug genommen. Besonders Beobachtungen bei Ethnien, die in historischer Zeit noch unter vergleichbaren Umwelt- und Ökonomiebedingungen existiert haben (s.o.), wie z.B. die Saami oder die Inuit/Eskimo sowie teilweise die nordamerikanischen Indianerkulturen, lieferten Hilfen und Anregungen (Abb. 8 und 9).

1.8 Existierende „Rekonstruktionen“ und Experimente

Weitere Informationen können Erfahrungen mit Rekonstruktionen und Experimenten liefern. Zu Form und Konstruktion der Behausungen von der spätjungpaläolithi-



a



b



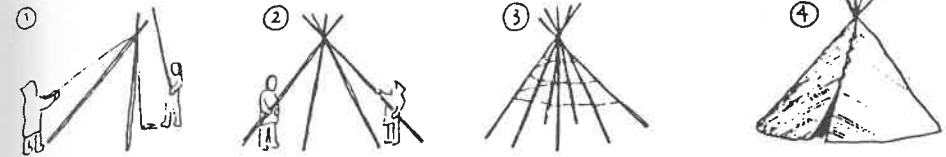
c

Abb. 7: Verschiedene Biotop-Rekonstruktionen des Spätglazials/Frühholozäns:
a) Brenztal, Südwestdeutschland (nach ALBRECHT & WOLLKOPF 1990:28)
b) Kaltbrunnental, Schweiz (SEDLMEIER 1993:45)
c) Gegend von Hamburg (PROBST 1991:103).

schen Fundstelle Gönnersdorf sind von G. Bosinski und D. Evers grundlegende Überlegungen, auch unter Einbeziehungen aktualistischer Vergleiche, angestellt worden (BOSINSKI 1979:166-187, 1981; BOSINSKI & EVERS 1979). Diese Überlegungen wurden in zeichnerische Rekonstruktionen und Modelle umgesetzt, an denen

ESKIMOKEGEL

Das Zelt wird errichtet

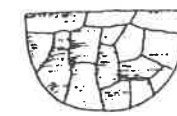
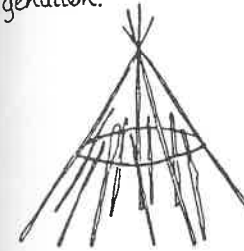


3 Zellstangen werden an ihrer Spitze zusammengedrückt und mit einem langen Strick schräg gehalten.

In die entstandene Gabel werden zwei weitere Stangen gelegt.

Nachdem noch drei bis vier Stangen beigestellt wurden, umwickelt man den Rahmen mehrfach mit einem langen Seil.

Die Zelthülle aus Fellen wird von unten über den Rahmen geworfen und dem Eingang verschnürt.

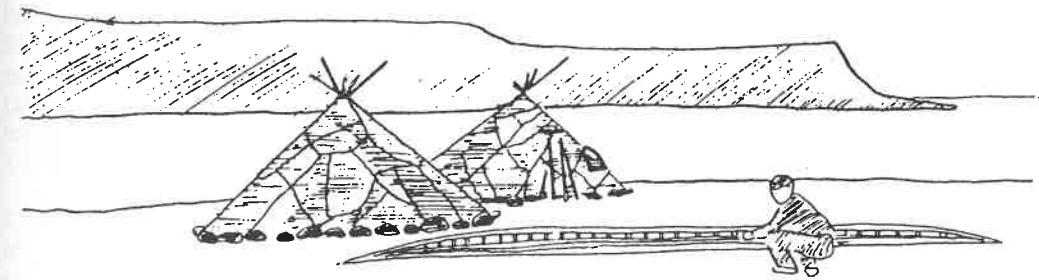


Die Hülle ist meist halbkreisförmig angelegt



Padlimint-Kegel aus Karibuhäuten, Hudson Bay

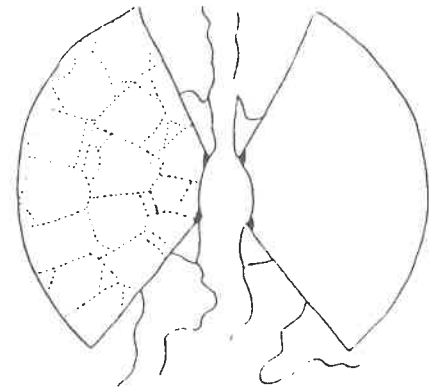
In Westalaska besteht der Kegel nur aus vier bis fünf Stangen. In halber Höhe wird der Kreis von einem Ring umschlossen. Kurze Stangen, Umiak-Ruder, Speere etc. werden gegen den Ring gelehnt.



Ein Kajak wird hergestellt, Little Whale River, Hudson Bay.

Abb. 8: Verschiedene Zelttypen (Nach FAEGRE 1980:117, 124, 136, 159).

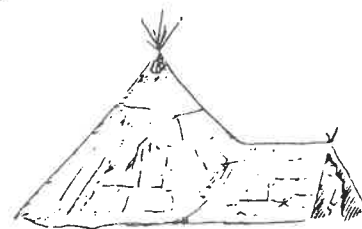
RENTIERLEDER KEGELZELTE



Die Hülle besteht aus zwei Hälften zusammengenähter Rentierhäute



Lange Stangen greifen das Zelt an aufgenähten Taschen, und die Hülle wird über den Rahmen geworfen



Samojeden Rentierkegel mit Annex



Jukagire mit Hund vor seinem Zelt



Jukagirenlager

Abb. 9: Verschiedene Zelttypen (Nach FAEGRE 1980:117, 124, 136, 159).



Abb. 10: Zeltmodell im AFM Oerlinghausen (a nach LULEY 1985; b Archiv F.M.A. 1986). a) Vorderansicht. b) Rückansicht mit Umweltrekonstruktionsversuch zur Tundra



Abb. 11: Zustand des Oerlinghauser Modells nach 3 Jahren (1987, Archiv F.M.A.).

sich auch verschiedene Museumsexponate im Maßstab 1:1 orientiert haben. Rekonstruktionsmodelle in potentieller Originalgröße wurden z.B. in Freilichtmuseen (AHRENS 1990) - und somit unter Außenbedingungen - in Lejre (Dänemark, HANSEN 1985), Asparn an der Zaya (Österreich, HAMPL 1972), Frankreich (JOURDAN & LEROY 1982) und im AFM Oerlinghausen (ANDRASCHKO 1990; LULEY 1985, 1992) errichtet.

F. Hampl hat im Museum für Urgeschichte in Asparn eine Außenversuchsserie zum paläolithischen Zeltbau durchgeführt. Dort bestand das Zeltgerüst für ein 4 m hohes und 4 m durchmessendes Zelt aus 12 Birkenstämmchen von je 5 m Länge, die am unteren Ende etwa 6 cm stark, entästet und auch entrinde waren. Das Grund-

gerüst aus drei Stangen war mit Hautriemen lose zusammengebunden und mit Spannbögen aus Birkenholz lose verbunden, um seine Widerstandskraft gegen Winddruck zu erhöhen. Die Zeltdecke bestand aus 40 zu einer Bahn zusammengenähten weißgegerbten Rentierhäuten mit der Haarseite nach außen. Sie waren mit Darmsaiten oder 7-8 mm breiten Hautriemen vernäht.

Dabei erwiesen sich die Darmsaiten als sehr unzuverlässig und lösten sich durch die Feuchtigkeit schnell auf, während die Hautriemen ausgesprochen haltbar waren. Neben Beobachtungen zum Aufbau und zur Zeltringnachbildung maß Hampl auch das Gewicht der Zeltdecke im luftfeuchten Zustand: 115 kg. Bei enthaarten Häuten würde es nach seinen Angaben etwa 30 kg betragen, was die Traglast beim Transport wesentlich verringern würde. Ähnliche Beobachtungen konnten wir an dem von Helmut Luley konzipierten Modell in Oerlinghausen machen (Abb. 10 und 11).

2. Resultate aus der Materialsammlung

Bei den o.a. Modellen handelt es sich um recht einfache Lösungsversuche, die bei

weitem nicht alle zu vermutenden technischen Möglichkeiten jungpaläolithischer Jägergruppen ins Kalkül einbeziehen und sich sehr eng an die Vorstellungen Alfred Rusts anlehnen. Das für die neue Dauer-ausstellung des Archäolog. Landesmuseums in Schleswig realisierte 1:1-Exponat zeigt dagegen eine Weiterentwicklung der ursprünglich dort gezeigten Rustschen Rekonstruktion. Hier läßt die Ausführung auf eine andere Bewertung der technischen Fähigkeiten zur Zeit der Hamburger Kultur schließen. Ähnliche Exponate wurden in der Zwischenzeit auch in der Urgeschichtsabteilung des Landesmuseums Hannover und des Helms-Museums in Hamburg-Harburg gezeigt, was einen anderen Trend im Rekonstruktionsstil andeuten mag. Auf diesem Kenntnisstand wurden die Ergebnisse aus den verschiedenen Sparten abgeglichen.

3. Erstellen des Anforderungskataloges

Ziel bleibt, mit dem Zeltmodell dem archäologischen Kenntnisstand Rechnung zu tragen: Bei den Menschen von der Poggenwisch muß es sich wahrscheinlich um hoch spezialisierte Rentierjäger mit mobiler Lebensweise gehandelt haben. Die Sozialstruktur der Gruppe müßte dabei die Bedingungen zur Herstellung einer solchen Behausung gewährleistet haben. Auf Basis dieser Überlegungen wird folgender technischer Anforderungskatalog an das Modell erstellt:

- möglichst leicht zu transportieren (kleines Volumen und Gewicht)
- geringer Holzbedarf
- Schutzfunktion für Feuerstelle
- kleinstmöglicher Material- und Arbeitsaufwand bei der Herstellung
- Stabilität
- größtmögliche Haltbarkeit

4. Modellbildung und Lösungsvorschlag

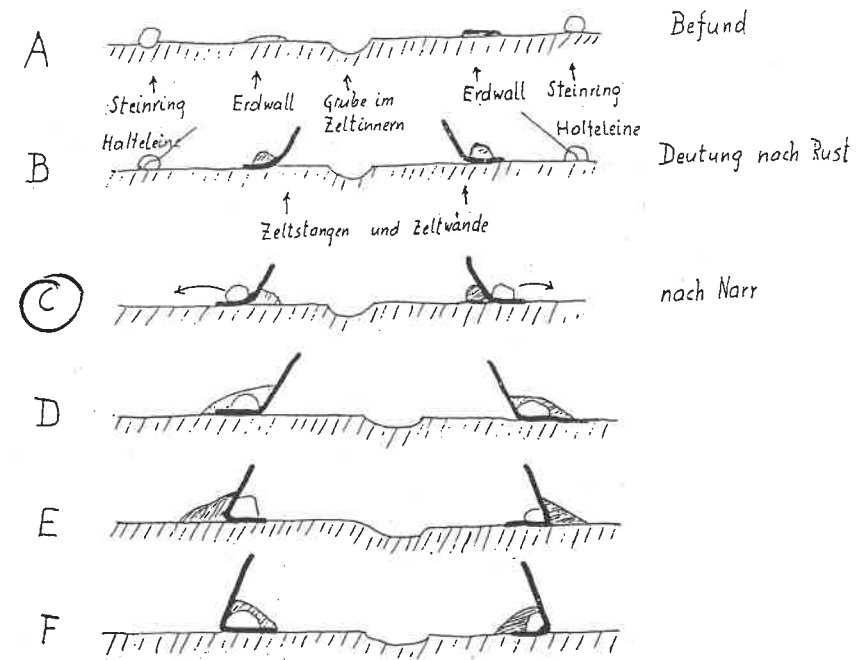
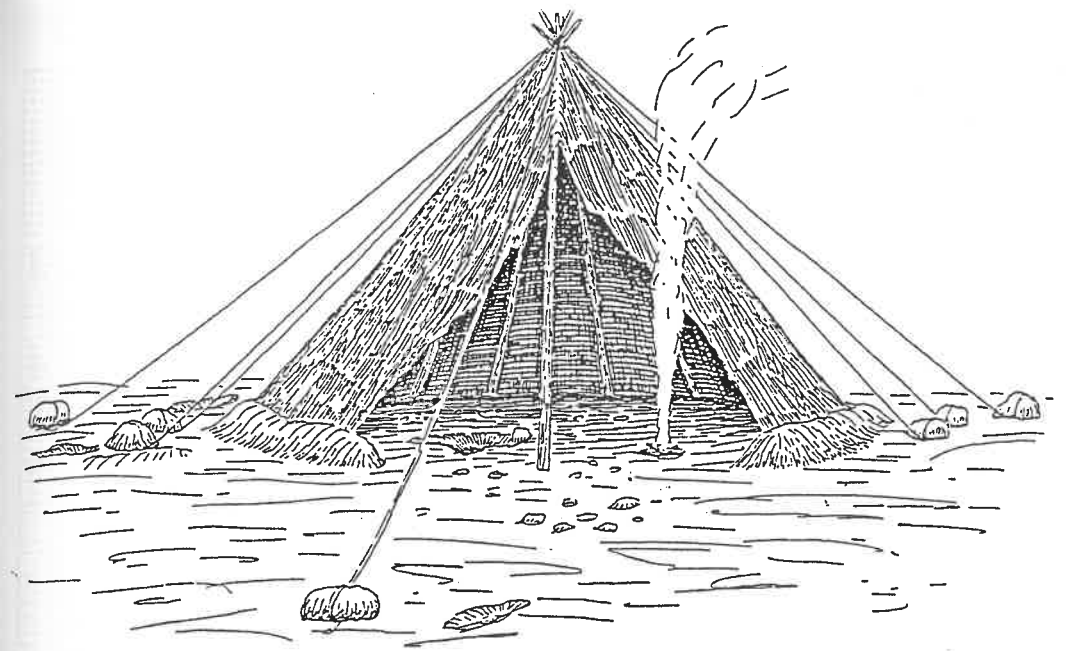
Aus den vorangegangenen Überlegungen wird folgender Lösungsvorschlag abgeleitet:

- Konstruktion: Die Entscheidung fiel zugunsten eines Kegelzertes mit maximal 4 m Spitzenhöhe (Abb.), da höhere Konstruktionen wegen ihrer Windanfälligkeit (wie z.B. das Tipi) unter den Wetterbedingungen zur Zeit der Hamburger Kultur (Meiendorfer-Interstadial) mit einer noch recht offenen Tundrenlandschaft nicht sinnvoll erscheinen (Abb. 11). Im publizierten Grabungsbericht Rusts sind keinerlei Spuren einer tragenden Zeltkonstruktion erwähnt. Lediglich der Sandwall ist ausführlich erläutert, wobei der Befund doch einige Rätsel aufwirft (dazu NARR 1963; Abb. 12).

Bemerkenswert am Befund von der Poggenwisch ist in diesem Zusammenhang der große Stein in Quadrat L 20 von 30 cm Durchmesser (Abb. 13). In Dokumentarfilmen des Instituts für den Wissenschaftlichen Film (Göttingen, Best.-Nr. W 1354 - 1362) über die Netsilik-Eskimo nutzen diese solche Steine für ihre Kegelzerte, um die einzige tragende Stange in der Zeltmitte gegen das Einsinken in den aufgeweichten Boden zu sichern. Postuliert man vor diesem Hintergrund, mit Blick auf die Form des Poggenwischer Sandwalls und die dortige Artefaktverteilung, die Verwendung einer halbkreisförmigen Zeltwand (Abb. 13), wie es sie bei den Netsilik gibt, für den Befund von der Poggenwisch, so errechnet sich eine Zeltspitzenhöhe von 2,5 m (Abb. 14). Diese niedrige Zelthöhe schränkt zwar das Zeltvolumen ein, was sich vor allem in einer Verringerung der Innennutzfläche in Stehhöhe niederschlägt. Für die Nutzfläche in Sitzhöhe ist diese Reduzierung nicht in diesem Maße relevant (Abb. 14). Zudem ergibt sich daraus ein günstigeres Verhältnis von Materialmenge zu nutzbarer Fläche, im Endeffekt also eine Materialersparnis.

5. Realisierung

Da z.Zt. der Hamburger Kultur keine geeigneten pflanzlichen Materialien in genügendem Umfang zur Verfügung standen und unter den damals herrschenden Umwelt-



A—C frei nach K. Narr, 1963, Abb. 9.

Abb. 12: Rekonstruktionsvorschlag A. Rusts (oben, RUST 1958:102) und Rekonstruktionsversuche zum Sandwall (nach NARR 1963 und HAMPL 1972).

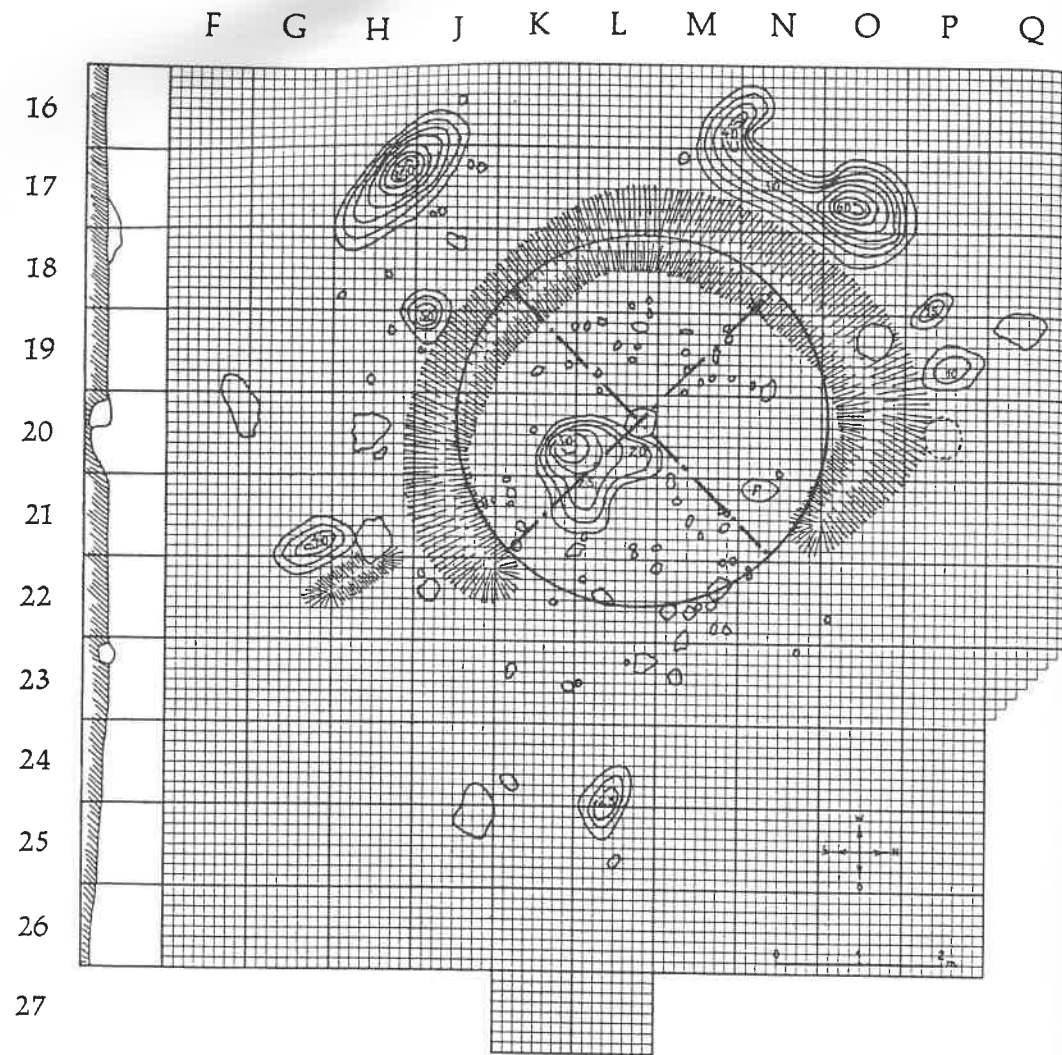


Abb. 13: Der Befund von der Poggenwisch mit dem Stein im Zentrum des Sandwalls (nach Rust 1958:100 mit Ergänzung).

bedingungen auch nur wenig haltbar erscheinen, sind diese für die Herstellung der Zelthaut nicht sinnvoll (z.B. Birkenrinde). Tierhäute standen dagegen aus der Jagdbeute in genügender Menge zur Verfügung, wie die verschiedenen Ausgrabungsbefunde aufzeigen (s.o.). Hohes Gewicht und beträchtliches Volumen der verschiedenen Rekonstruktions- und Experimentversuche sprechen gegen die Verwendung behaarter Häute. Die Beherrschung der Hirngerbung

mit anschließendem Räuchern, um das Leder wasserfest zu machen, setzen wir aufgrund unserer Axiome und der ethnographischen Analogien für die damalige Zeit voraus. Diese Lederhäute sind wesentlich geschmeidiger und besser zu verarbeiten als Rohhäute (Abb. 15).

Der Zuschnitt für das 4 m durchmessende Zelt wurde als halbkreisförmige Zelthaut mit 5,2 m Durchmesser ausgeführt. Für

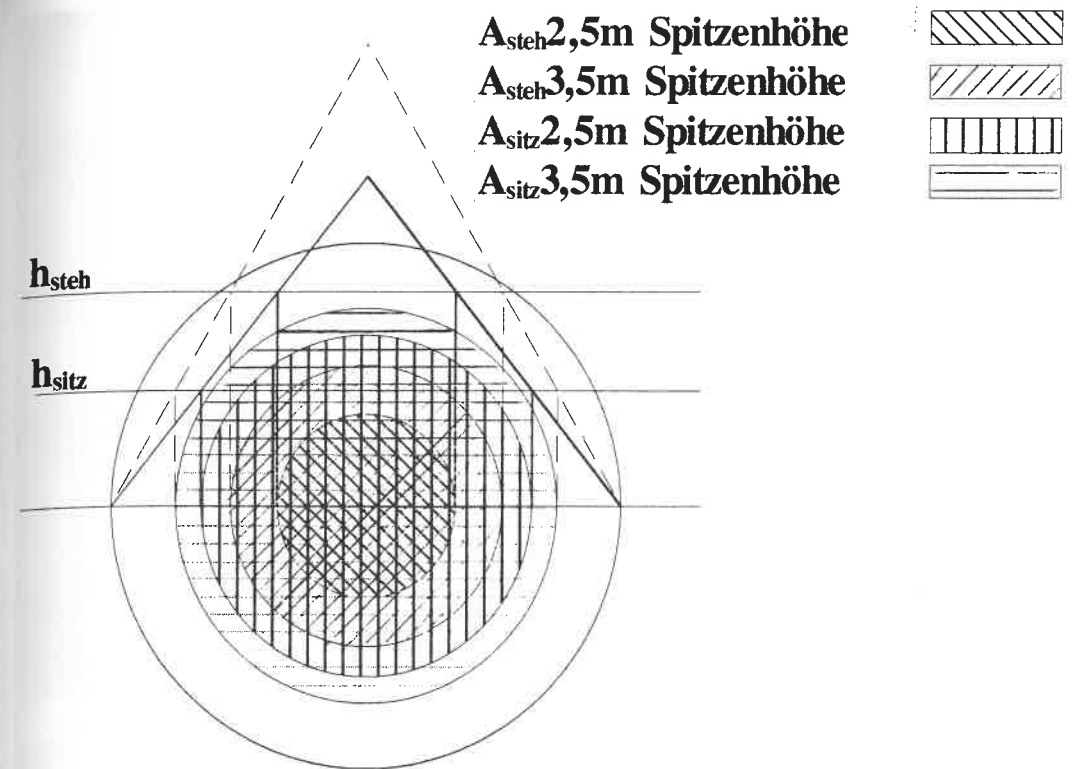


Abb. 14: Modellvarianten mit 2,5 und 3,5 m Spitzenhöhe und Vergleich zum nutzbaren Raum im Stehen und Sitzen.



Abb. 15: Hirngerbung mit einer Rehhaut (a) Enthaaren der eingeweichten Haut mit einem Flintschaaber, (b) Einreiben der Haut mit Hirn (Fotos E.G.).

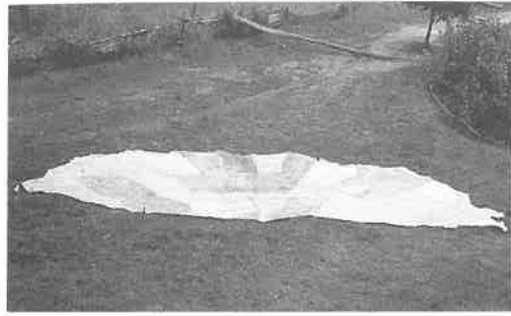


Abb. 16: Die zusammengenähte und ausgelegte Zelthaut (Foto E.G.)

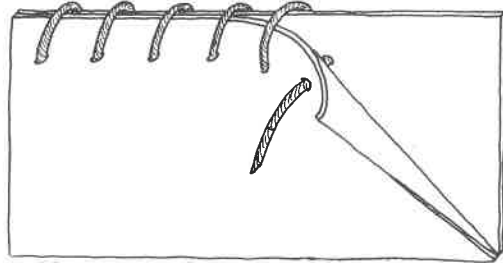
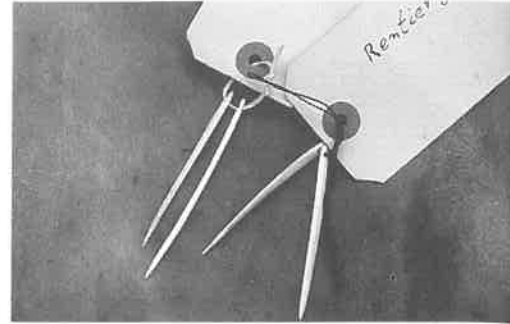


Abb. 17: Skizze zum überwendlichen Stich

diese wurden 25 Häute mit durchschnittlich 0.9 m² benötigt und vorab die weniger stabilen Bauchseiten der Häute entfernt.

Der tragende, 2,5 m lange Zeltständer aus entrindetem Birkenholz (*Betula pendula*) bedingt, aufgrund der entstehenden Spannungen in der Konstruktion, eine zusammengenähte Zelthaut, da locker aufgelegte Felle oder Häute nicht zu befestigen sind (Abb. 16). Deshalb wurde, wiederum mit Blick auf die Netsilik, der überwendliche Stich übernommen (dazu auch MASON 1891; Abb. 17). Als Nahtmaterial ist die Rückensehne des Rentieres anzunehmen. Im Vergleich zu anderen Sehnen liefert die Rückensehne die längsten Teilstücke (ca. 30 cm). Aus einer Rentierrückensehne lassen über 15 m Nahtmaterial gewinnen. Die Gesamtnahlänge für das 1:1 Modell betrug 38,4 m, an Sehnenmaterial wurden 80 m verbraucht. Die Herstellung von 20 cm Naht im überwendlichen Stich dauerte 12 Minuten (Abb. 18).



a



b



c

Abb. 18:
a) Nadelrepliken aus Knochen und Geweih
b) Nähversuche mit Knochen-, Geweih- und Stahlnadel
c) Die Resultate im Vergleich (unten Knochen-
nadel, oben Stahlnadel)



Abb. 19: Zeltmodell nach Befund von der Poggenwisch im AFM Oerlinghausen, Vorder- und Rückseite, Fotos E.G.)

6. Diskussion

Auf der Grundlage des in vielen Details zu diskutierenden Zeltringbefundes von der Poggenwisch, der in der jüngeren Forschung an verschiedenen Fundplätzen (s.



Abb. 20: Der Auflagestein für die Mittelstange fungiert als Widerlager und verhindert das Versinken in den Untergrund (Foto E.G.)



Abb. 21: Der außerhalb des Zeltes liegende Stein dient zum Befestigen der Halteleine (Foto E.G.)

zusammenfassend STAPERT 1991) Bestätigung fand, wurde unter Einbeziehung des archäologischen Fundmaterials, der Erkenntnisse zu den naturräumlichen Gegebenheiten, den verfügbaren Ressourcen, dem hypothetischen technischen Vermögen jungpaläolithischer spezialisierter Jägergruppen, von Analogien aus der Völkerkunde und der Berücksichtigung bisheriger Experimente zum paläolithischen Zeltbau ein Lösungsvorschlag erarbeitet und realisiert (Abb. 19).

Hervorzuheben ist, daß bei dieser Zeltkonstruktion nur noch eine Mittelstange erforderlich ist, die aber eine straffe Spannung der Zelthaut zur Stabilität der Gesamtkonstruktion nötig macht. Der Einsatz dieser Mittelstange bedingt die Verwendung eines Auflagesteins in der Zeltmitte, der

die Stange zum einen vor dem Einsinken in den Untergrund bewahrt und zum anderen als Widerlager dienen kann (Abb. 20). Außerhalb des Zeltens wird ein Haltestein benötigt, an dem die straff gespannte Leine befestigt werden kann, die das gesamte Zelt stabilisiert (Abb. 21). Damit können die Befunde von der Poggenwisch in Einklang gebracht werden. Außerdem werden durch die Verwendung gegerbter und enthaarter Häute für die Zelthaut und den Verzicht auf weitere sperrige Holzstangen Materialbedarf und Transportgewicht erheblich reduziert (Abb. 22). Diese Lösung wird hier zur Diskussion gestellt. Für Änderungsvorschläge sind wir dankbar.

Literatur:

- ACTES (1992): Ethnoarchéologie. Justification, Problèmes, Limites. XIIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes. Juan-les-Pins
- AHRENS, C. (1988): Archäologische Rekonstruktionen. - By og Bygd. Norsk Folkemuseums årbok 1987/88: 19-49 (= Festschrift für Arne Bjerg). Oslo
- DEBS. (1990): Wiederaufgebaute Vorzeit. Archäologische Freilichtmuseen in Europa. Neumünster
- ALBRECHT, G. (1979): Magdalénien-Inventare vom Petersfels. Siedlungsarchäologische Ergebnisse der Ausgrabungen 1974-1976. Tübinger Monographien zur Urgeschichte Band 6, Tübingen
- ALBRECHT, G. et al (1983): Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Magdalénien-Inventaren vom Petersfels. Grabungen 1974-1976. Tübinger Monographien zur Urgeschichte, Band 8, Tübingen
- ALBRECHT, G. & WOLLKOPF, P. (1990): Rentierjäger und frühe Bauern (= Konstanzer Museumsjournal 1). Konstanz
- AMMANN, B. et al (1988): Neue Untersuchungen am Kesslerloch bei Thayngen/SH. Anitqua 17. Basel
- ANDRASCHKO, F.M. (1990): Experimentelle Archäologie im AFM Oerlinghausen. - Staatl. Museum für Naturkunde und Vorgeschichte (Hg.): Experimentelle Archäologie in Deutschland. Ausstellungskatalog. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4, Oldenburg : 71-74



Abb. 22: Die zusammengelegte handliche Zelthaut läßt sich leicht von einer Person über größere Strecken transportieren (Foto E.G.).

- ANDRASCHKO, F.M./ LOHMANN, J./ WILLERDING, U. (1990): Paläo-Ethnobotanik in Rekonstruktion und Experiment im AFM Oerlinghausen. - Staatl. Museum für Naturkunde und Vorgeschichte (Hg.): Experimentelle Archäologie in Deutschland. Ausstellungskatalog. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4, Oldenburg, 55-70
- ARONSSON, K.-A. (1991): Forest Reindeer Herding A.D. 1-1800. Archaeology and Environment 10, Umeå
- BEHM-BLANCKE, G. (1976): Das jungpaläolithische Zeltlager von Oelknitz bei Jena. - Ausgrabungen und Funde 21, 30-32
- BINFORD, L.R. (1978): Nunamuit ethnoarchaeology. New York
- DEBS. (1984): Die Vorzeit war ganz anders. München
- BIRKET-SMITH, K. (1929): The Caribou Eskimos I. Descriptive Part. New York
- BOGORAS, V. (1904): The Chukchee I. Material Culture. Memoir of the American Museum of Natural History, Vol. 7. New York
- BOKELMANN, K. (1979): Rentierjäger am Gletscherrand in Schleswig Holstein ? Ein Diskussionsbeitrag zur Erforschung der Hamburger Kultur. - OFFA 36: 12-22
- DEBS. (1991): Some new thoughts on old data on humans and reindeers in the Ahrensburgian tunnel valley in Schleswig-Holstein Germany. - U.BARTON/A.J.ROBERTS/D.A.ROE (Hg.): The Late Glacial in NW-Europe. CBA Research Reports 77. Oxford: 73-81
- BOSINSKI, G. (1979): Die Ausgrabungen in Gönnersdorf 1968 - 1976 und die Siedlungsfunde der Grabung 1968. Der Magdalénien-Fundplatz Gönnersorf Bd. 3. Wiesbaden
- DEBS. (1981): Gönnersdorf. Eiszeitjäger am Mittelrhein. Einzelveröffentlichung des Landesmuseums Koblenz 7. Koblenz

- BOSINSKI, G. & EVERS, D.: Jagd im Eiszeitalter. Schriften des Jagd- und Naturkundemuseums Schloß Brügggen 2. Bonn
- BRAVO, G.A. & TRUPKA, J. (1970): 100.000 Jahre Leder. Basel und Stuttgart
- BYHAN, A. (1909): Die Polarvölker. Wissenschaft und Bildung, Heft 3. Leipzig
- CAMPS-FARBER, H. & DANNA, A. (1977): Fabrication expérimentale d'outils à partir de métapodes de mouton et de tibias de lapin. Méthodologie appliquée à l'industrie de la préhistoire, 311-323
- CHALMERS, A.F. (1989): Wege der Wissenschaft: Einführung in die Wissenschaftstheorie. 2. durchges. Aufl. Berlin/New York/ Tokyo
- CLARKE, D.L. (1972): Models in Archaeology. London
- COLLINDER, B. (1949): The Lapps. Princeton
- EGGERT, M.K.H. (1978): Prähistorische Archäologie und Ethnologie: Studien zur amerikanischen New Archaeology.- Prähist. Zeitschr. 53: 6-164
- FAEGRE, T. (1980): Zelte, die Architektur der Nomaden. Hamburg
- FEUSTEL, R. (1980): Neolithische Gerberwerkzeuge aus Knochen. Alt-Thüringen 17, 7-18
- FIEDLER, L. (1990): Ein mittelpaläolithischer Hütengrundriß aus Edertal-Buhlen in Nordhessen. Ethnogr.-Archäolog. Zeitschr. 31, 65-73
- FLANNERY, K.V. (1986, Hg.): Guilá Naquitz: Archaic foraging and early agriculture in Oaxaca, Mexico. Orlando
- GABORI-CSANK, V. (1984): Die Behausungsspuren von Dömös. - In: H. BERKE/J. HAHN/C.-J. KIND (Hg.): Jungpaläolithische Siedlungsstrukturen in Europa. Koll. Reisenburg/Günzburg 1983. Archaeologia Venatoria 6, Tübingen: 251-256
- GANSSER, A. (1943): Die prähistorische Fellbehandlung im gerbereichemischen Licht. - Collegium 1943, 1-16
- GEBAUER, A.B. & PRICE, T.D. (1992, Hg.): Transitions to agriculture in prehistory. Monographs in World Archaeology 4. New York
- GERASIMOV, M.M. (1961): Krugloe zilisce stojanki Malta. Kratkie soobschenija Inst. Arch. 82: 128-124
- GOULD, R.A. (Hg.): Explorations in Ethnoarchaeology. Albuquerque
- GRAF, B. & KNERR, G. (1985): Museumsausstellungen. Planung, Design, Evaluation. Berlin
- GRÖNNOW, B. MELGAARD, M. & NIELSEN, J.B. (1983): Aasivissuit - The Great Summer Camp. Archaeological, ethnographical and zooarchaeological studies of a caribou hun-

- ting site in West Greenland. Meddelelser om Grønland. Man & Society 5. Reykjavik
- HAMPL, F. (1972): Probleme des spätpaläolithischen Zeltbaus. - Archaeologia Austriaca 52:65-92
- HANSEN, H.-O. (1985): Lejre Versuchscenter. Versuche mit der Vorzeit 1. Lejre
- HAYEN, B. (1981): Research and development in the stone age: Technological transition among hunter-gatherers.- Current Anthropology 22:519-548
- HENKE, W. (1986): Die magdalénienzeitlichen Menschenfunde von Oberkassel bei Bonn. Bonner Jahrbücher 186: 317-366
- HERFELD, H. (1950): Grundlagen der Lederherstellung. Dresden/Leipzig
- HODDER, I. (1982): The Present Past. London
- JOCHELSON, W. (1908): The Koryak. Memoir of the American Museum of Natural History, Vol. 9. New York
- JOURDAN, C. & LEROY, J.P. (1982): Des peaux rennes du fille et une aiguille. Publications de l'Unité Recherches Archeologique 28 du Centre Recherches C.N.R.S. Paris
- KLEIN, H.J. & BACHMEYER, M. (1981): Museum und Öffentlichkeit. Fakten und Daten, Motive und Barrieren. Berlin
- KLEIN, R. (1989): Besucherverhalten in Museen und Galerien. In: GROPPE, H. & JÜRGENSEN, F. (1989, Hg.): Gegenstände der Fremdheit. Museale Grenzgänge. Marburg 1989
- KIESOW, G. (1982): Einführung in die Denkmalpflege. Darmstadt
- KRAMER, C. (Hg., 1979): Ethnoarchaeology. Implications of Ethnography for Archaeology. New York 1979
- LAUBIN, R. und G. (1977): The Indian Tipi. Oklahoma
- LEROI-GOURHAN, A. und BRÉZILLON, M. (1972): Fouilles de Pincevent. Essai d'analyse ethnographique dun habitat Magdalénien (la section 36) = VII e Suppl. Gallia Préhistoire, Paris, C.N.R.S.
- LÜNING, J. (1991): Bemerkungen zur experimentellen Archäologie.- M. FANSA (Red.): Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6, Oldenburg, 15-18
- LULEY, H. (1985): Wohnen in der Steinzeit. Vor- und Frühgeschichte in westfälischen Museen, Heft 1. Münster
- DEBS. (1992): Urgeschichtlicher Hausbau in Deutschland. Grundlagenforschung, Umweltbedingungen und bautechnische Rekonstruktion. Bonn
- MASON, O.T. (1889): Aboriginal skin dressing. Rep.Nat.Mus. Washington, 553-589

- MATHIASSEN, Th. (1929): Material Culture of the Iglulik Eskimos. Report of the 5th Thule Expedition Vol. 5. Copenhagen
- MICHELIS, M. & ZURBUCHEN, M. (1991): Experimente mit natürlichen Materialien - Bearbeitung von Geweih und Knochen.- M. FANSA (Red.): Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6. Oldenburg, 257-263
- NARR, K.J. (1963): Kultur, Umwelt und Leiblichkeit des Eiszeitmenschen. Stuttgart
- NEWCOMER, M. (1977): Experiments in upper palaeolithic bone work. *Méthodologie appliquée à l'industrie de la préhistoire*, 293-301
- NIEDERRHEINISCHES MUSEUM DER STADT DUISBURG (Hg., 1985): Rentierjäger und Rentierzüchter Sibiriens früher und heute. Ausstellungskatalog Duisburg
- PAPROTH, E. (1986): Museale Vermittlung ur- und frühgeschichtlicher Forschungsergebnisse. Grundzüge der Vermittlung von Ur- und Frühgeschichte in ausgewählten Museen der Bundesrepublik Deutschland (= Europäische Hochschulschriften: Reihe 3, Geschichte und ihre Hilfswissenschaften; Bd. 303.). Frankfurt/M., Bern, New York
- POLGAR, ST. (Hg., 1975): Population ecology and social evolution. The Hague
- PRICE, T.D. & BROWN, J.A. (Hg., 1985): Prehistoric hunter-gatherers. New York
- PROBST, E. (1991): Deutschland in der Steinzeit. München
- RÄNK, G. (1951): Das System der Raumaufteilung in den Behausungen der nordeurasatischen Völker. Bd. 2: Der äußere Norden und Osten Eurasiens. Stockholm
- REED, R. (1973): Ancient skins, parchments and leather. London
- REED, CH.A. (Hg., 1977): Origins of agriculture. The Hague
- RUST, A. (1958): Die jungpaläolithischen Zeltanlagen von Ahrensburg. Neumünster (= Offa-Buch Nr.15)
- DERS. (1970): Vor 20000 Jahren - Rentierjäger der Eiszeit. 4.Aufl. Neumünster
- SCHEER, A. (1984): Versuch einer Rekonstruktion gravettienzeitlicher Kleidung. Ein Beitrag zur experimentellen Archäologie.- Archäolog. Korrespondenzblatt 14: 239-245
- SCHMIDT, H. (1993): Wiederaufbau. Stuttgart
- SEDLMEIER, J. (1993): Altsteinzeitliche Funde aus der Kohlerhöhle im Laufental.- Archäologie der Schweiz 16: 40-45
- SIMMS, ST.R. (1987): Behavioral ecology and hunter-gatherer foraging. BAR, Int. Ser. 381. Oxford
- SPIESS, A.E. (1979): Reindeer and Caribou hunters. An archaeological study. New York
- STAATL. MUSEEN PREUSS. KULTURBESITZ (Hg., 1989): Völker zwischen Baikal und Pazifik. Ausstellungskatalog Berlin
- STAPERT, D. (1990): Within the tent or outside? Spatial Patterns in Late Palaeolithic Sites. - *Helinium XXIX/1*, 14-35
- DERS. (1991): Rings and sectors: intrasite spatial analysis of stone age sites. Groningen
- STICKELBERGER, E. (1915): Versuch einer Geschichte der Gerberei. Berlin (= Bibliothek des Gerbers Bd. 1)
- STATHER, F. (1967): Gerbereichemie und Gerbereitechnologie. Berlin
- STURDY, D.A. (1975): Some Reindeer economies in prehistoric Europe. In: E.S. HIGGS (Hg.): *Palaeoeconomy*. Cambridge, 55-96
- TERBERGER, Th. (1991): Ein Zeltringbefund des Magdalénien-Fundplatzes Gönnersdorf, Neuwieder Becken. *Jb. des RGZM* 35, 1988, T. 1, Mainz, 137-159
- TROMNAU, G. (1975): Neue Ausgrabungen im Ahrensburger Tunneltal. *Offa-Bücher Band 33*, Neumünster
- DERS. (1975 a): Die Fundplätze der Hamburger Kultur von Heber und Deimern, Kr. Soltau. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens, Heft 9. Hildesheim
- DERS. (1976): Rentierjäger der Späteiszeit in Norddeutschland. *Wegweiser zur Vor- und Frühgeschichte Niedersachsens*, Heft 9. Hildesheim
- ULBERT, TH. / WEBER, G. (1985): Konservierte Geschichte. Antike Bauten und ihre Erhaltung. Stuttgart
- USINGER, H. (1985): Pollenstratigraphische, vegetations- und klimageschichtliche Gliederung des Bölling-Alleröd-Komplexes in Schleswig-Holstein und ihre Bedeutung für die Spätglazial-Stratigraphie in benachbarten Gebieten.- *Flora* 177: 1-43
- VANG PETERSEN, P. und JOHANSEN, L. (1991): Sølbjerg I - An Ahrensburgian Site on a Reindeer Migration Route through Eastern Denmark. *Journ. of Danish Archaeology* 10: 20-37
- VERBAND DER LANDESARCHÄOLOGEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (1991): Sinn und Unsinn archäologischer Restaurierungen und Rekonstruktionen: Kolloquium Traunstein 1990

- WENIGER, G.-Chr. (1982): Wildbeute und ihre Umwelt. Ein Beitrag zum Magdalénien Südwestdeutschlands aus ökologischer und ethno-archäologischer Sicht. *Archaeologia Venatoria* Bd. 5, Tübingen
- YELLEN, J.E. (1977): *Archaeological Approaches to the Present. Models for Reconstructing the Past*. New York /London

Anschriften der Verfasser:

Frank M. Andraschko
Archäologisches Institut der Universität
Hamburg
Arbeitsbereich II. Vor- und Frühgeschichte
Europas
Johnsallee 35
D-20148 Hamburg

Ernst Giese
An der Untertrave 19/23
D-23552 Lübeck

Jost Lohmann
Regiltor 4
34560 Fritzlar

Die Rekonstruktion eines Nebengebäudes aus der Eisenzeit in den Kempen, Niederlande

Anneke Boonstra

Einleitung

Im Dezember 1982 wurde mit dem Bau eines eisenzeitlichen Dorfes in Eindhoven angefangen (Abb. 1). Ausgrabungsdaten kamen von dem J.P.P., Institut für die Prähistorie der Universität Leiden, die Befunde aus Oss-Ussen, 50 km von Eindhoven entfernt.

Im prähistorischen Freilichtmuseum Eindhoven wird seit 1982 Experimentalarchäologie betrieben (siehe A. BOONSTRA in „Experimentelle Archäologie“, Bilanz 1991, 113). 1994 war die Niederlassung fertiggestellt. Obwohl die Häuser nicht zur gleichen Zeit eine Niederlassung hätten bilden können, hat man sich für diese Gebäude entschieden, um auf diese Art und Weise verschiedene Konstruktionen anwenden zu können und einige Varianten in Häusern und Hauseinrichtungen zu zeigen, die es in der Eisenzeit gegeben haben könnte. Ein Aspekt der experimental-archäologischen Zielsetzungen besteht gerade darin, daß man versucht, eine möglichst gute Darstellung einer Niederlassung aus der Eisenzeit zu erreichen. Auf der anderen Seite ist es wichtig, daß man während der Rekonstruktion mit verschiedenen Holzarten, Verbindungen, Wänden und Deckmaterialien zu arbeiten versucht. Gleichzeitig gilt es, den Raum so einzurichten, daß Schulklassen und andere große Gruppen in dem Raum wohnen und arbeiten können.

Das Nebengebäude

1988 entschied das Freilichtmuseum, bei der Niederlassung ein Nebengebäude aus der Ausgrabung von Oss-Ussen zu rekonstruieren. Dieses Gebäude könnte die Funktion einer Schmiede gehabt haben. Dabei wurde ein kleinerer Plan eines Gebäudes realisiert, das in der Eisenzeit aller Wahrscheinlichkeit nach für handwerkliche Zwecke benutzt worden war. Im Einvernehmen mit Dr. K. Schinkel des I.P.P. Leiden wurde ein Gebäude aus der Zeit von 100 vor Chr. ausgewählt, das zweischiffig die Maße 8 zu 5 m aufweist und für handwerkliche Zwecke geeignet ist (Abb. 2). Schinkel erforschte zu diesem Zeitpunkt alle Nebengebäude, die man bei der sehr großen Ausgrabung Oss-Ussen gefunden hatte. Eine Arbeitsgruppe zur Rekonstruktion der Schmiede wurde gebildet. Mitglieder dieser Gruppe waren Kees Schinkel vom J.P.P., Wim van Dijk und Anneke Boonstra vom Museum.

WAHLMÖGLICHKEITEN DES PLANES

Die Rekonstruktion des Gebäudes kam durch eine Reihe von Wahlmöglichkeiten, zustande. Zunächst wurde der Plan gewählt, der für den prähistorischen Auftraggeber wahrscheinlich für handwerkliche Zwecke ausgerichtet war. Für uns war es ein idealer Raum, da Firststützen in dem Arbeitsraum fehlten. Die zweite Wahl bestand darin, den vorhandenen Plan zu ergänzen. Vier Elemente sind dabei zu unterscheiden (Abb. 4).

1. Zwei tiefe große Pfahllöcher für Pfähle, die den First tragen,
2. Zwei Reihen von sechs Pfahlöchern an der langen Seite des Hauses,
3. Zwei Pfahllöcher außerhalb des Grabens an den kurzen Seiten des Hauses,
4. Ein Graben, höchstens 30 cm tief.

Die jeweilige Auswahl geschah aufgrund archäologischer Funde, herkömmlichen kempischen Häuserbaus und logischer Lösungen von Bauproblemen. Zum einen wurde nur eine Möglichkeit gewählt, zum

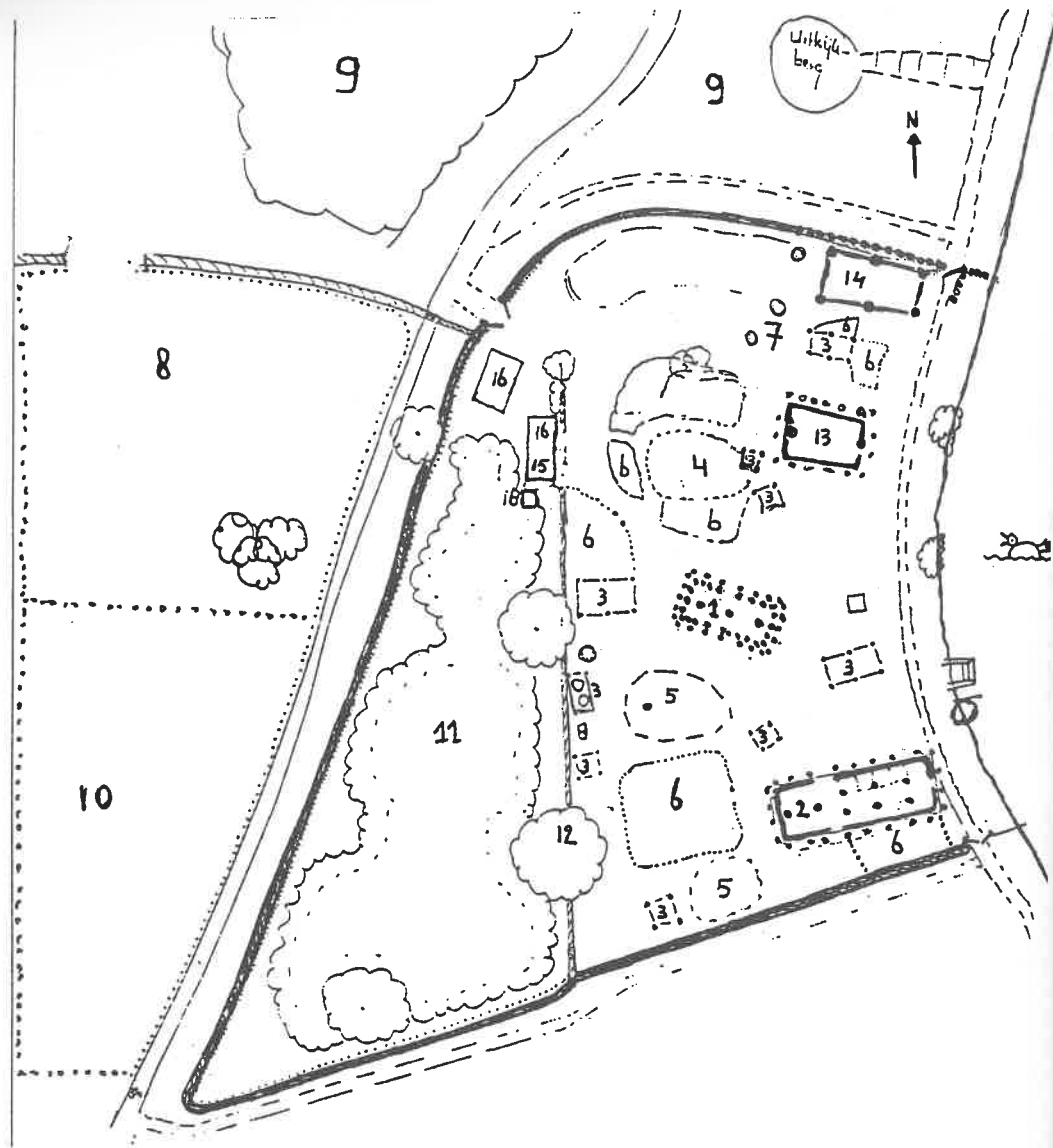


Abb. 1

anderen votierten wir bewußt für mehrere Lösungen in dem Gebäude, um damit die Gelegenheit zu nutzen, zu erforschen, wie es in der damaligen Realität ausgesehen haben könnte, welche Gegenstände prak-

tisch, welche Materialien am haltbarsten waren. Es ist eine bewußt gewählte Methode mit experimentellen Zielen. Die Rekonstruktion wird dabei aber von der prähistorischen Konstruktion abweichen.

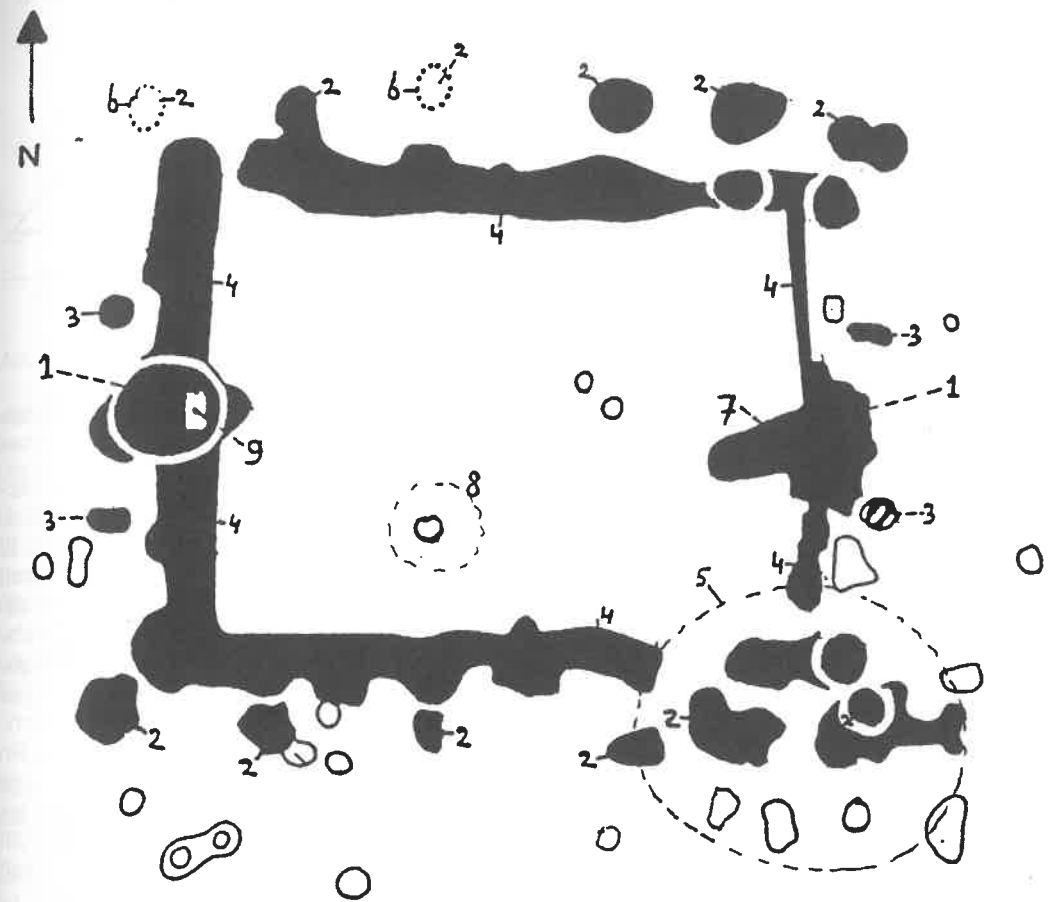


Abb. 2

Wahlmöglichkeiten bei Art und Bearbeitung des Holzes

Die Wahl der Holzart war einfach, denn in den Pfahlöchern waren eichenhölzerne Überreste gefunden worden. Eichenholz gibt es immer noch in großen Mengen in den Kempen und ist noch immer das herkömmliche Bauholz der Gegend.

Ein wichtiges Kriterium war die Behandlung des Eichenholzes auf der Grundlage archäologischer Daten. In den zwei tiefen, großen Pfahlöchern für die Firststützen (Abb. 2, Nr. 1) sind die Überreste von vier-

bearbeiteten Eichen (15 zu 20 cm), gefunden worden. Die Frage ist, wurden nur die Stützen oder das gesamte Balkenwerk gedeichselt? Eine konkrete Antwort darauf gibt es bisher noch nicht. Wir entschlossen uns, das gesamte Balkenwerk zu deichseln. Argumente dafür waren:

- Gedeichseltes Holz hält länger. Man deichselt das Splintholz von der Eiche. Splintholz ist weicher und zieht mehr Feuchtigkeit an. Feuchtigkeit beschleunigt die Holzfäule.
- Nagel- und Lochverbindungen und andere Konstruktionen sind mit gedeichseltem Holz leichter herzustellen.

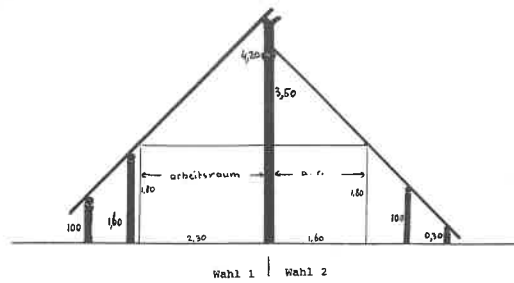


Abb. 3

- In den Ausgrabungsdaten fällt auf, daß immer öfter Holz viereckig bearbeitet worden war, je weiter die Eisenzeit vorrückte. Das war ohne Zweifel eine „Modeerscheinung“, die wir berücksichtigt haben.
- Nicht unwichtig ist das Argument, daß gedeichseltes viereckiges Holz viel schöner aussieht als Rundholz. Vielleicht war das gedeichselte Holz früher ein Ausdruck von Reichtum oder man verwendete es zur Ausschmückung der eigenen Umgebung.
- Für uns war auch das Argument wichtig, daß die zwei großen Bauernhöfe mit rundem Holz gebaut worden sind, so daß nun die Unterschiede in der Haltbarkeit und Qualität untersucht werden können.

Wahlmöglichkeiten bei der Konstruktion der Außenwände

Wir mußten eine Entscheidung treffen über die Höhe der Außenwandplatte. Da Ausgrabungsdaten fehlten, haben wir uns durch den funktionellen Aspekt leiten lassen:

- Eine hohe Außenwandplatte ergibt ein hohes Haus mit viel Raum zum Aufbewahren und zum Arbeiten, ist jedoch windempfindlich und kalt (Wahl a).
- Eine niedrige Außenwandplatte ergibt ein niedriges Haus, das windbeständig und für handwerkliche Zwecke sehr geeignet ist. Man konnte das Gebäude leicht heizen und deshalb sogar im Winter benutzen (Wahl b). Wir haben uns für Wahl a entschieden (Abb. 3).

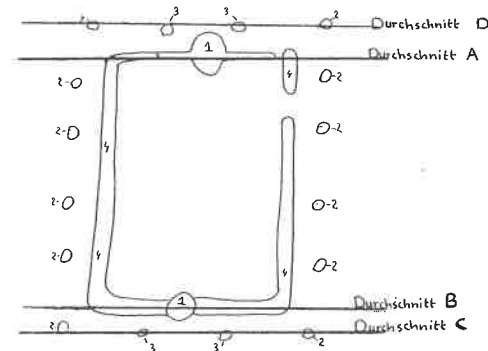


Abb. 4

Bei den Querholzschnitten wurden folgende Möglichkeiten gewählt:

Durchschnitt B (Abb. 4 und 5). Für die Verbindung der Wandpfette I und II ist ein Balken (Balken 1) für die Innenwandpfette III und IV Balken 2 angebracht, beide sind mit dem Firstständer verbunden. Zur Befestigung des Daches ist zwischen den Dachsparren ein A-Balken (Balken 3) angebracht. So entstand eine in sechs Fächer aufgeteilte Wand, eine sogenannte Fachwerkwand. Unten in den Graben wurde ein mittelgroßer Eichenstamm gelegt. Die sechs Fächer wurden mit senkrechten, zwei Zoll dicken Weidenstangen ausgefüllt (etwa 20 cm Abstand) und danach mit Weidenruten durchflochten.

Durchschnitt A (Abb. 4 und 6). Die Verbindung zwischen Wandpfette I und II ist für die Tür unterbrochen. Bei Balken 2 ist bewußt ein gebogener Balken gewählt worden, um die Türöffnung so hoch wie möglich zu gestalten. Die Höhe beträgt jetzt ca 160 cm. Für den Schmied, der in dem dahinter liegenden Raum arbeiten muß, ein ideales Maß, da nicht zuviel Licht einfällt. Balken 3 ist der A-Balken, der die beiden Dachsparren unterstützt.

Wir nehmen an, daß die beiden Pfähle, etwa 1 Meter außerhalb Wand A und B (Abb. 2, Nr. 3) das äußerste Paar Dachsparren getragen haben. Wir haben als Experiment zwei Möglichkeiten ausgearbeitet:

a. Die offene Lösung: Sie entstand durch den Fund eines Schmuckstückholzes aus

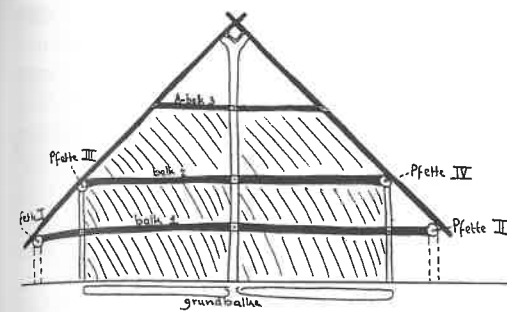


Abb. 5

einem Brunnen in Oss-Ussen aus der Eisenzeit, zu verwenden als Firstschmuck (Abb. 7, Durchschnitt C).

b. Die Lösung mit einem Schild oder Wolfsende: sie ist wahrscheinlich wetterbeständiger und besser geeignet für die westliche Schlagregenseite. Die Lehmwand ist dadurch besser vor Wind und Wetter geschützt (Abb. 7, Durchschnitt D).

Wahlmöglichkeiten bei der Konstruktion der Innenwände

Die Rekonstruktion der beiden Innenwände ist eine Variante der Rekonstruktion des Rinderbauernhofes. Bei diesem Bauernhof werden die Wände zum Teil aus runden Stämmen und zum Teil aus gedeichselten Brettern angefertigt und mit Lehm ausgefüllt. Bei der Schmiede sind gedeichselte Bretter verwendet worden, die sich etwas überlappen. Die Wände einer Schmiede müssen nicht so abgeschlossen sein, wie die eines Wohnraumes.

Wahlmöglichkeiten bei der Konstruktion des Daches

Es gibt keine archäologischen Daten über Dachwinkel oder Dachneigung. Auf alten Darstellungen von Häusern aus früheren Jahrhunderten sieht man in den Kempen oft einen Dachwinkel von 80 oder 90 Grad. Die Erfahrung zeigt, daß Dächer mit einem

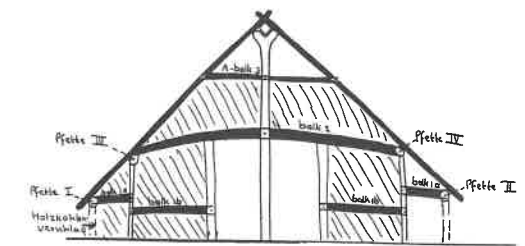


Abb. 6

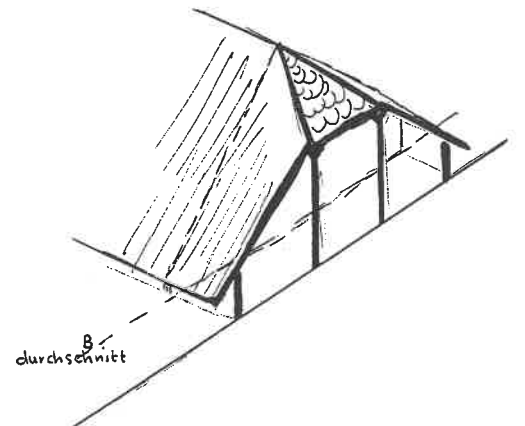
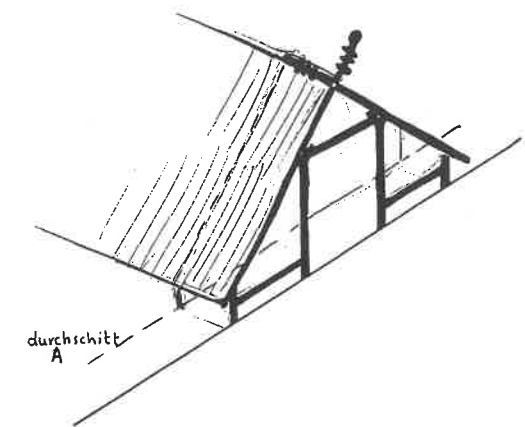


Abb. 7

Winkel von 60 bis 90 Grad die längste Lebensdauer haben. Die Kombination von archäologischem Wissen, regionalen Bräuchen und Logik führte dazu, daß wir eine Dachneigung von etwas weniger als 90 Grad gewählt haben. Wahrscheinlich wurden sehr viele Dächer mit Reet gedeckt, das in den Kempen überall reichlich vorhanden war. Kleinere Gebäude wurden mit Stroh versehen, das von der Ernte übrigblieb. Wir haben grobes Kolbenrohrreet gewählt, ein Material mit vielen Stengeln vom Kolbenrohr. Da die Bauernhöfe mit gereinigtem und besonders gebrauchtem Reet gedeckt waren, ist das Decken heute mit Rohrkolbenreet eine Aktion mit experimentellem Hintergrund.

Dachschild mit Grasplaggen

Als Experiment wurde das Dachschild mit Grasplaggen abgedeckt. Als Unterschicht haben wir ein struppiges, dichtes Bett aus Birkenzweigen geflochten und zwischen die Dachsparren und die eng zusammengestellten „Reetlatten“ plaziert. Darauf wurden die dachziegelartigen Grasplaggen gelegt (Abb. 11). Die Wahl von Grasplaggen lag auf der Hand: Sie existierten in unmittelbarer Nähe, forderten wenig Arbeit und waren daher für unsere Zwecke interessant. In den Kempen hat man Grasplaggenbedeckung bis in die jüngste Vergangenheit benutzt, und auch in den angrenzenden Ländern findet man Grasplaggen als Dachbedeckung. Für uns war es ein Experiment, mit dem die Haltbarkeit und die Qualität untersucht werden konnte. Ein praktischer Vorteil: Grasplaggen sind nicht feuergefährlich, für eine Schmiede ein sehr wichtiger Faktor.

Die experimentelle (Re)Konstruktion

1989 wurde mit dem Bau der Schmiede begonnen. Wir haben uns dazu entschieden, mit 'prähistorischem' Werkzeug zu arbeiten, um einschätzen zu können, wieviel Zeit der Eisenzeitbauer aus den Kempen benötigte, um ein derartiges Gebäude fertigzustellen. Der prähistorische Bauer fand

in unmittelbarer Nähe genügend Holz zum Bauen. Bekannt ist, daß die Niederlassungen in der Eisenzeit im Eichenmischwald gebaut wurden. Holztransport war damals kaum ein Problem. Im Januar, bei klarem Frostwetter, wurde mit einer Axt und einer Säge ein Eichenwald ausgedünnt. Dieses Holz wurde zur Niederlassung gebracht (Abb. 8). Danach begann die mühselige Arbeit, die Stämme vier- oder rechteckig zu deichseln, was sehr viele Arbeitsstunden gekostet hat. Ein Meter vierseitig gedeichseltes Holz erforderte eine Arbeitsstunde. Inzwischen wurde der Grundriß wie bei der Ausgrabung von Osten nach Westen vermessen. Auf dem Gelände wurden die Pfahllöcher ausgegraben. Für die Fundierung war es vorteilhaft, daß wir auf 80 cm Tiefe eisenhaltigen Sandboden vorfanden. Der Boden ist feucht, weil Eindhoven in einer Vertiefung liegt.

Die Grundpfähle werden nach und nach ins Feuer gehalten, bis sie eine Brennschicht von 3 mm aufweisen. Bei den beiden großen Bauernhöfen wurden nur einige Pfähle versuchsweise auf diese Weise behandelt. Wir sind gespannt, ob die angebrannten, gedeichselten Pfähle länger halten werden, als das Rundholz der Bauernhöfe. Am Boden werden die sechs Standpfähle der Außenwand auf der Längsseite mittels Schlitz und Zapfenverbindung an die Außenwandpfette I und II befestigt. Sie werden als Ganzes montiert (Abb. 10). Die beiden Firstpfähle mit Gabelverbindung werden mit dem Firstbalken verbunden. Zur Befestigung werden zwei Strebebalken zwischen Firstbalken und Firstständer angebracht. Es ist nicht überliefert, ob es dieses Verfahren schon in der Eisenzeit gab. Es ist anzunehmen, daß der Eisenzeitbauer seine Bauten solide ausführte. Für uns war es wichtig, dafür zu sorgen, daß die Sicherheit der zahlreichen Besucher und der vielen Kinder, die in diesem Raum arbeiten, garantiert ist.

Auf der Rückseite folgt die waagerechte Verbindungsplatte Balken 1 (Abb. 4 und 5).

Auf der Vorder- und Rückseite werden die



Abb. 8: Am Boden werden die angebrannten Pfähle der Außenwand an der Außenwandpfette befestigt und dann, als Ganzes zusammengebaut, in die Pfahllöcher gesetzt.



Abb. 10: Das erste Paar Dachsparren haben wir oben bearbeitet, nach dem Vorbild eines in Oss-Ussen (Niederlande) gefundenen Holzstückes.

vier äußeren Pfähle hochgestellt (Abb. 2 Nr. 3). Nach der Konstruktion dieses Rohbaus müssen die neun Dachsparren angefertigt werden. Die Verbindungen werden am Boden gemacht. Es sind „Halb und Halb“-Verbindungen mit einem A-Balken als Befestigung (Abb. 9).

Wir entschlossen uns, die äußeren Sparrenverbindungen über das Dach hinaus zu verlängern und diese herausragenden Teile zu bearbeiten, getreu dem Vorbild eines in Oss-Ussen gefundenen Holzstückes (Abb. 10). Hinsichtlich der Verwendungsart dieses Holzstückes gibt es mehrere Theorien: Die Bedeutung mag symbolisch gewesen sein, und es dürfte eine schützende Wirkung gehabt haben für diejenigen, die



Abb. 9: Das Haus hat 9 Paar Dachsparren.



Abb. 11: Das Nebengebäude der Schmiede ist fertig.

das Gebäude betreten. War es vielleicht das Symbol einer Gottheit, eine Modeerscheinung oder nur ein Stück Fassadenschmuck? Wir haben es jedenfalls im Sparren bearbeitet und als Fassadenschmuck angebracht.

Die Sparren werden mit einer Sanduhrverbindung und einer Nagelverbindung an die Mauerplatten I und II befestigt. Das Gerüst des Hauses bietet einen guten Anblick. Das Schild wurde mit Grasplaggen bedeckt. Weil es im Graben eine Unterbrechung gibt (Abb. 2) und viele zusätzliche Pfahllöcher dicht beieinander angetroffen wurden, entschlossen wir uns dazu, den Raum als Holzkohlenverschlag für den Schmied einzurichten (Abb. 6). Die Wände

vorn und hinten bestehen aus Fächern, die durch die Holzkonstruktion entstanden sind (Abb. 4, 5 und 6, Durchschnitt A und B). Die Fächer wurden mit senkrechten Stäben im Abstand von etwa 15 cm ausgefüllt, die mit Weidenruten von unterschiedlichem Durchmesser durchflochten wurden. Der Lehm wurde mit bloßen Füßen in kleinen Gruben klumpenfrei zertritten und danach gemagert, um Krimpen zu vermeiden. Um mehr Einsicht in diese Herstellungsmethode zu bekommen, wurden mehrere Möglichkeiten ausprobiert. Es wurden Proben gemacht mit

- Lehm
- Lehm und Sand
- Lehm und Kuhdünger, ein wenig Stroh
- Lehm und Sand, Kuhdünger und ein wenig Stroh
- Lehm und Sand, Kuhdünger und viel Stroh- Lehm und Sand, Pferdedünger und Stroh
- Lehm und Graspollen

Im Laufe der Zeit wird sich herausstellen, welche Mischung am witterungsbeständigsten, also am wenigsten pflegebedürftig ist. Die Innenwände bestehen aus gedeichselten Brettern, die einander etwas überlappen. Auf Anraten des Schmiedes wird zwischen die Bretter kein Lehm angebracht, damit die Rauchgase durch den Luftzug besser entweichen können. Die Türen blieben sehr niedrig. So kann der Schmied im Halbdunkel die Farbe des Feuers und des glühenden Eisens besser unterscheiden. Die Türen bestehen aus gedeichselten Eichenbrettern mit einer Schwalbenschwanzverbindung aus Eschenholz. Diese Verbindung wurde bereits in der Eisenzeit dafür genutzt, Wagenräder herzustellen.

Das Dach wurde von einem professionellen Reetdecker gedeckt. Das Material bestand aus grobem Rohrkolbenreet, das viele Stengel von Rohrkolben enthält. Das Rohr wurde aufgeschlagen, was sich vorteilhaft auf die Haltbarkeit auswirkt, aber sehr arbeitsintensiv ist. Es ist fraglich, ob der Eisenzeitbauer in den Kempen nach dieser Methode gearbeitet hat. Reet auf

diese Weise bearbeitet hält etwa 30 Jahre. Das war für uns ein wichtiger Grund, diese Methode anzuwenden.

Über die Einrichtung einer Schmiede ist wenig bekannt. Wie hat das Feuer einer Schmiede ausgesehen? War es erhöht angebracht wie in der Wikingerzeit und im Mittelalter oder war es unten im Boden plaziert, wie jetzt noch in vielen Entwicklungsländern zu beobachten ist? Aus den hergestellten Waffen und Geräten können wir schließen, wie groß das Feuer ungefähr gewesen sein muß und bei welchen Temperaturen geheizt wurde.

Wir haben eine Feuerstelle aus Lehm auf dem Boden gebaut. Es gibt einen Fund eines Ambosses aus der Eisenzeit, der wahrscheinlich von einem wandernden Schmied benutzt worden ist. Ein großer, flacher Stein kann aber auch als Amboß eingesetzt werden. Steine sind aber in den Kempen Mangelware. Wir stellten in die Schmiede einen kleinen Amboß hinein, der mit dem des wandernden Eisenzeitbauern Ähnlichkeit hat. Dazu kann auch ein flacher Stein und für die Jugend einige schlichte Ambosse.

Es ist anzunehmen, daß in unserem Bereich bereits Blasebälge im Einsatz waren, da bei Ausgrabungen Tüten gefunden wurden, die in einem Ofen zur Eisengewinnung den Blasebalg umschlossen. Um Eisen zu gewinnen, müssen Temperaturen von wenigstens 1250° Celsius erreicht werden. Das ist aber nur dann möglich, wenn große Blasebälge gebraucht werden.

Wir haben für den Schmied einen großen Blasebalg installiert und für die Kinder, die das Schmieden erproben, einen kleineren ausgewählt.

Anschrift der Verfasserin:

Anneke Boonstra
Prähistorisches Freilichtmuseum Eindhoven
Boutenslaan 161 b
NL-5644 TV Eindhoven

Rekonstruktion der befestigten Inselsiedlung des 9. Jh.s in Araisi (Lettland). Vorbericht

Jánis Apals

Einleitung

Die Inselsiedlungen stellen eine besondere Kategorie der archäologischen Denkmale Lettlands dar. Von sonstigen Denkmalen unterscheiden sie sich durch einen besonderen Standort, gute Erhaltungstufe sowie durch enge Verbindung mit Folklore. Bis jetzt sind zehn Inselsiedlungen bekannt, die während zahlreicher Unterwassererkundungen der hydroarchäologischen Denkmale Lettlands 1959 - 1964 entdeckt wurden. Die Überreste der Siedlungen befinden sich auf Inseln oder Sandbänken ungefähr 50 - 100 m vom Ufer entfernt. In den meisten Fällen liegen sie jedoch völlig unter Wasser, zwischen 1,5 - 4 m tief. Als Ausnahme hiervon sind Objekte in drei Seen zu nennen, weil sich dort ihre Oberfläche an der Grenze des Wasserspiegels befindet (APALS 1965: 45-62). Von diesen Inselsiedlungen ist Araisi am weitgehendsten erforscht und teilweise auch schon rekonstruiert worden. Die Siedlung soll nun zu einem archäologischen Freilichtmuseum gestaltet werden. Damit den Interessierten die methodischen Prinzipien sowie die Erfahrungen der Projektierung und des Baus verständlicher werden, muß man kurz die wichtigsten Ausgrabungsmaterialien der Wohninsel und die daraus resultierenden wissenschaftlichen Schlüsse erläutern, aufgrund deren die Rekonstruktion durchgeführt wird.

Forschungsgeschichte

Der Araisi-See befindet sich 7 km südlich von der Stadt Cesis. Die Überreste der Inselsiedlung, die äußerlich als eine üppig mit Bäumen bestandene kleine Insel in Erscheinung treten, befinden sich in der nordwestlichen Bucht des Araisi-Sees in einer Entfernung von ca. 50 m vom Ufer. Die Oberfläche der Insel erhob sich bei trockenem Sommer etwa 0,4 m über dem Wasserspiegel (Abb. 1).

Die Insel des Araisi-Sees ist als archäologisches Denkmal schon seit Ende des vorigen Jahrhunderts bekannt, als der Graf aus Wenden (Cesis) im Jahre 1876 und Professor R. Virchow aus Berlin (1877) dort kleine Ausgrabungen vornahmen. Ersterer glaubte, dort Pfahlbauten der Steinzeit (SIEVERS 1876: 276-279), der letztere, Überreste vom Packbau der späten Eisenzeit gefunden zu haben (VIRCHOW 1877: 433-435). Den eigentlichen Charakter der alten Siedlung des Araisi-Sees ermittelte man erst nach hundert Jahren. Die Wasserhöhe des Sees wurde auf meliorativem Wege um 1 m gesenkt (der Sponsor war die Verwaltung der Gauja-Meliorationssysteme von Cesis), um die Ausgrabungsflächen wurden von der durchsuchten Kulturschicht Dämme aufgeschüttet und das eindringende Wasser mit Motorpumpen entfernt. Auf solche Weise untersuchte die archäologische Expedition des Instituts der Geschichte Lettlands in zehn Sommerhalbjahren (1965-69, 1975-79), in Polderverhältnissen arbeitend, ungefähr 70% der etwa 2500 m großen Inselsiedlung Araisi, sowie auch den etwa 300 m großen Aufgang, der sie mit dem Ufer verbunden hatte.

Im Verlauf der Ausgrabungen stellte sich heraus, daß die Insel im Araisi-See nicht eine Naturbildung ist, sondern der Überrest einer Inselsiedlung der alten Lettgallen-, eine der vier altlettischen Stämme. Das Wasserniveau des Araisi-Sees lag vor 1000 - 1500 Jahren um 1,5 - 2 m tiefer als im 20. Jahrhundert. In der nordwestlichen Bucht des Sees, ungefähr 80 m vom Ufer,



Abb. 1: Gesamtansicht der Inselfiedlung Arais vor den Grabungen 1965.

ragte damals eine kleine, niedrige Insel hervor, die ständig überschwemmt wurde und mit dem Ufer durch eine steinige Sandbank verbunden war. Diese Insel wurde planmäßig bebaut und gleich mit Burgbergen befestigt, die Sandbank aber zu einem dammartigen Aufgang umgestaltet.

Die Kulturschicht der Inselfiedlung Arais bestand aus Überresten von fünf Bebauungsschichten, die sich zeitlich ununterbrochen aufeinander gelegt hatten. Aufgrund der anaerobischen Verhältnisse hatten sich in der Kulturschicht unter Wasser die Überreste der Holzbauten und die aus verschiedenen organischen Materialien gefertigten Artefakten - sie waren in anderen Wohnstätten jener Zeit gewöhnlich spurlos verschwunden - gut erhalten. Im erforschten Teil der Inselfiedlung wurden Überreste von ca. 145 hölzernen Wohn-, Wirtschafts- und Wehrbauten freigelegt (Abb. 2), 3500 Artefakte, von denen die Hälfte aus Materialien organischer Herkunft hergestellt sind (Abb. 3). Gefunden wurden auch 120 ganze oder restaurierbare handgeformte Tongefäße, 106000 Keramikscherben und 25000 Knochenfragmente (zur Nahrung verwendete Tiere), ebenso auch Halme von Kulturpflanzen, Stroh, Ähren, Samenkap-

seln, Samen usw. Die Funde gehörten zu allen fünf Bebauungsschichten.

Nach dem C 14 - Wert ist die Inselfiedlung im Arais-See um 830 (± 50) errichtet worden, aber ihre vierte, vorletzte Bebauung geschah um 890 (± 60). Diese Daten stimmen weitgehend mit den typologischen Datierungen der gefundenen Gegenstände überein, ebenso wie mit den relativen dendrochronologischen Datierungen. Die Inselfiedlung Arais ist also im 9. - 10. Jh. bewohnt gewesen.

In dem erforschten Teil hat man aus jeder Bebauungsperiode jeweils 16 Wohnhäuser entdeckt. In jeder Bebauung wohnten wahrscheinlich etwa 50 - 70 Menschen. Die Einwohner haben sich vorwiegend mit Ackerbau, Viehzucht, Handwerk und Handel befaßt, doch einen wichtigen Platz in ihrem Leben nahm auch die Nutzung der Naturressourcen ein: Jagd, Fischfang und Waldimkerei.

Nach den Unterschieden an den Wohnhäusern, insbesondere im Material der Altertümer, kann man folgern, daß die Inselfiedlung von einer sozial differenzierten Gesellschaft bewohnt gewesen ist. Es ist möglich, daß es eine Sippe war, die aus

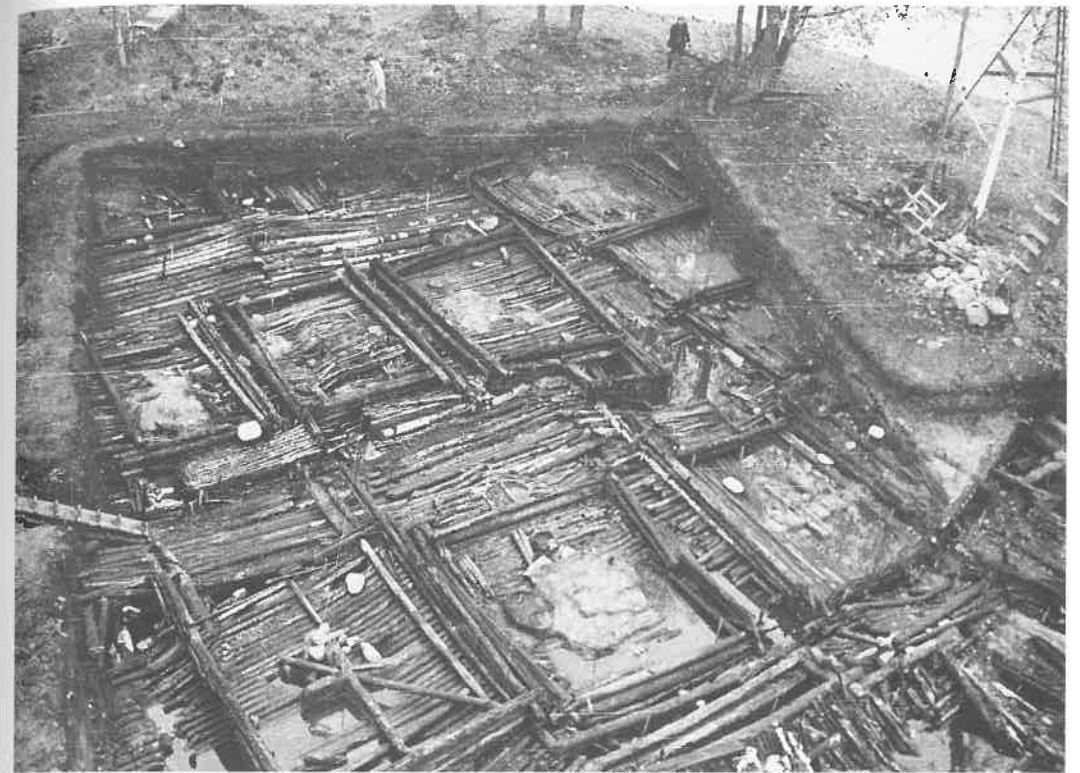
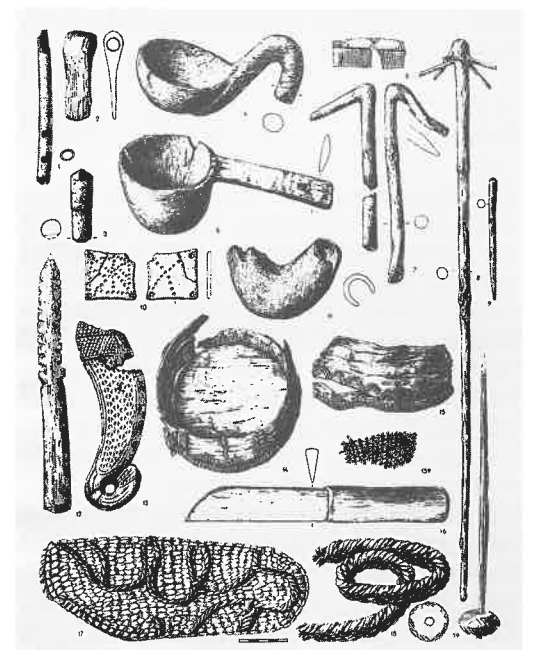


Abb. 2: Freigelegte älteste Bebauung der Inselfiedlung (9.Jh.).

einzelnen Familien bestand und vom Sippenältesten verwaltet wurde. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Inselfiedlung das Zentrum eines kleinen Burgbezirks war.

Die Inselfiedlung ist infolge eines feindlichen Überfalls zerstört und nicht wieder hergestellt worden. Ihre Bewohner wurden in einem flachen Gräberfeld auf einer Anhöhe nordöstlich vom See begraben, wo 168 Gräber aus der Epoche des 9. bis 12. Jahrhunderts gefunden worden sind.

Abb. 3: Fundmaterial: 1 - knochene Flöte, 2 - hölzerne Spielzeugaxt, 3 - Flötepropfen, 4,5 - Schöpfkellen, 6 - Hornkamm, 7 - hölzerne Haken, 8 - Quirl, 9 - Stricknadel, 10 - Hornwebbrettchen, 11 - hölzernes Imkereigerät, 12 - Flachshechelmesser, 13 - Fragment eines Kummets, 14 - Bastkorb, 15,15a - Bastsieb, 16 - Holzmesser, 17 - Bastsandale, 18 - Fragment eines Bastseils, 19 - Spindel mit tönernem Spinnwirbel.



Wie kamen aber die Überreste der Insel-siedlung unters Wasser? Ist die Burg wirklich der Sage nach im See versunken? Die Erklärung ist in den klimatischen Veränderungen zu suchen. Wie vorher schon erwähnt, könnte der Wasserstand des Arais-Sees, ebenso wie der See von Vidzeme, in dem ebenfalls Überreste von Inselsiedlungen gefunden wurden, im 9. Jh. um 1,5 - 2 m tiefer gewesen sein als heute. Mit dem 9. - 10. Jh. trat in der nördlichen Hemisphäre der Erde eine Periode erhöhter Feuchtigkeit und Kälte ein, mit häufigen und heftigen Regenschauern, infolgedessen das Niveau des Sees schnell zu steigen begann (SNITNIKOV 1957:268-271; WILLERDING 1977:378-380, Tab. 5,8,10).

Die Inselsiedlung Araisi ist zur Zeit das erste eingehend untersuchte archäologische Denkmal dieser Kategorie in Lettland. Viele Funde haben eine kulturgeschichtliche Bedeutung, denn ihrem Charakter nach liegen sie zwischen Archäologie, Ethnographie sowie Architekturgeschichte. Deshalb entstand schon während der Ausgrabungen, im Jahre 1966, die Idee einer Freilichtrekonstruktion der Inselsiedlung Araisi (APALS 1994:1). Für die Rekonstruktion wählte man die zeitlich älteste und am besten erhaltene Bebauung aus dem 9. Jh. aus.

Fundmaterial

Die Überreste der ersten, ältesten Bebauung bildeten die untere Hälfte der Kulturschicht der Inselsiedlung. Die Konstruktionen der Fundamente waren vollständig erhalten, ebenso die darauf errichteten Gebäude, meist in der Höhe des zweiten oder dritten, in einigen Fällen sogar des fünften Balkenkranzes. So war es deshalb möglich, die Bauplanung und Konstruktion dieser Bauten eingehend zu untersuchen.

Unmittelbar auf der unebenen Fläche der ehemaligen Insel war aus dicken Rundhölzern ein 0,5 - 1,5 m hohes, 28 m breites und 35 m langes Rostwerk in der Form eines unregelmäßigen Rechtecks errichtet.

Die Wände des Rostwerks waren innen durch beiderseitige Erdaufschüttungen verstärkt, aber rings um die Außenwand des Rostwerks war eine ungefähr 3 m breite, nach außen abschüssige Terrasse aufgeschüttet. Das Rostwerk war mit dünnerem Rundholzbelag bedeckt. Diese Grundlage erhöhte die Bebauung um etwa 1 m über dem Wasser, schützte sie vor den Schwankungen des Wasserstandes und diente auch zur Drainage. Diese vollständig, wenn auch etwas deformiert erhaltenen Fundamente zeigten, daß die Wohnsiedlung Araisi konstruktiv weder steinzeitlicher Pfahlbau noch eisenzeitlicher Packbau gewesen ist, wie man es im vorigen Jahrhundert annahm.

Das Areal war mit verhältnismäßig kleinen rechteckigen Wohn- und Wirtschaftsgebäuden dicht bebaut. Ihre Anordnung erfolgte sowohl im äußeren Bereich wie auch in der Mitte des Bauplatzes in einer Reihe, mit der Ausrichtung der Eingänge zum Zentrum hin.

Den Baukomplex der Inselsiedlung schützte der an deren Fuß errichtete Rundholzzaun sowie die Wehrbauten, die zu beiden Seiten des Eingangs und der Abgänge zum See auf der Terrasse errichtet waren.

Zum Verkehr dienten der äußere und der innere Rundgang: Ersterer befand sich auf dem Außenrand des Grundbelages, der innere rings um die im Zentrum der Bebauung errichtete Häuserreihe. Beide Rundgänge waren durch die zwischen den Wohn- und Wehrbauten befindlichen Zwischengänge verbunden, die auch zum See führten. Der Eingang in die Inselsiedlung befand sich in der zum Ufer hin liegenden SW-Ecke (Abb. 4).

Auf der Inselsiedlung Araisi wurde ein archaischer Typ des Blockbaus mit den ihm eigenen räumlichen und konstruktiven Lösungen entdeckt. Wie die gefundenen Unterteile und Bauelemente der Oberteile der Gebäude zeigen, waren die Wohnhäuser Bauten ohne Dachboden und von kleinen

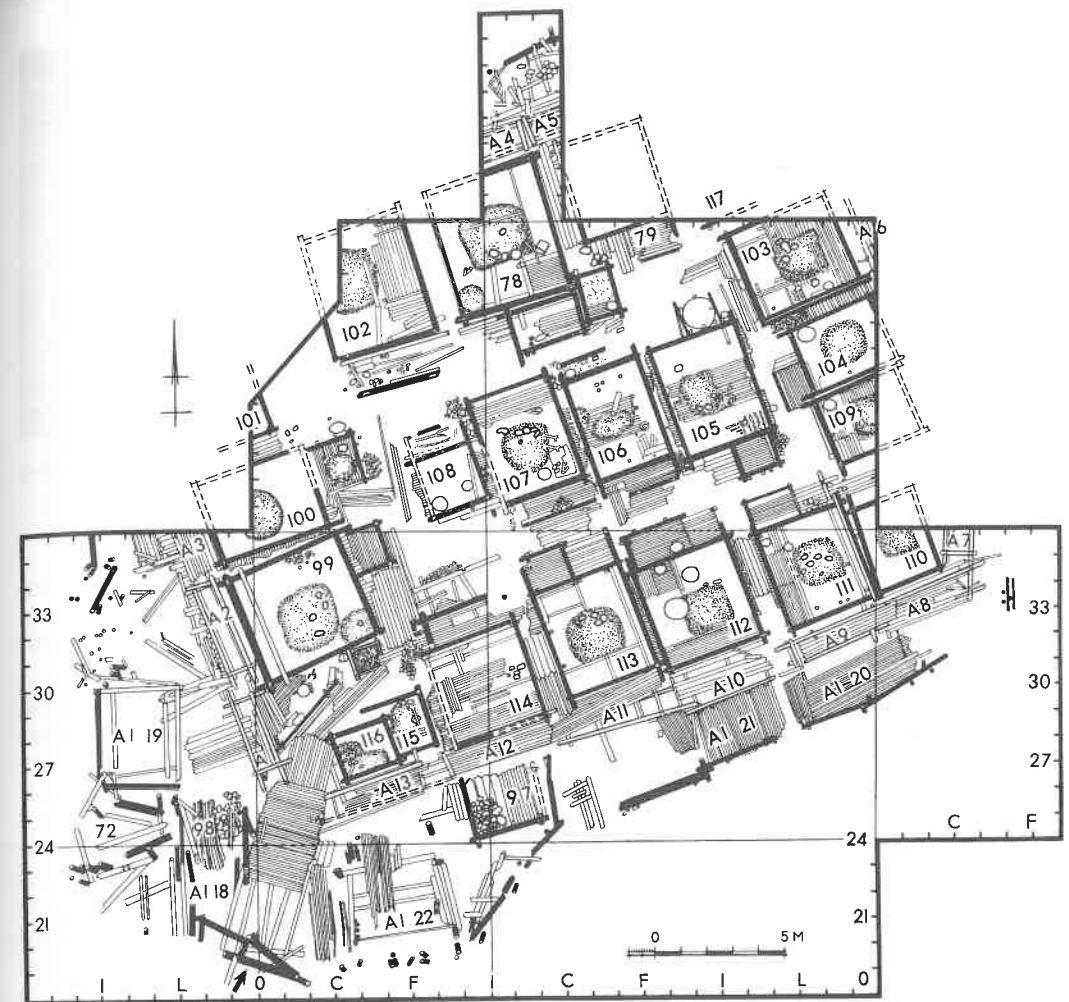


Abb. 4: Grundriß der ersten Bebauung der Inselsiedlung: 78,79,99,100,102-107,109-114 - Wohnhäuser; 72,108,115 - Wirtschaftsgebäude; 97,98,A118-A122 - Wehrbauten; A1-A13 - Rundgang; Ecke eines Gebäudes unbestimmter Bestimmung.

Ausmaßen gewesen: 2,7 x 3,5 bis 4,5 x 5 m, deren mit Fichten- oder Birkenrindenplatten eingedeckte Rundholzdächer gleichzeitig auch Decken waren. Das Hauptelement der Wohnhäuser war der Wohnraum. Der Eingang in den Wohnraum befand sich immer im offenen oder teilweise geschlossenen Flur an der linken Seite der Giebfassade. An der rechten Seite aber war ein kleiner (von 1,3 x 2 bis 2,5 x 4 m) Anbau wirtschaftlichen Charakters.

Die Blockwände der Gebäude wiesen

zweierlei Arten auf: entweder waren sie durch Jochverband oder durch Verkämmung miteinander verbunden. Eine Jochverbandkonstruktion besteht darin, daß die Wände an den Ecken mittels vertikaler Eckstangen und horizontaler Verbände oder Jochbalken zusammengefügt werden (Abb. 5). Bei einem Teil der Wohnhäuser waren die Wände auf gemischte Weise, teils durch Jochverband, teils durch Verkämmung hergestellt (Abb. 6). Bis zu den Ausgrabungen in Araisi war der Jochverband in Lettland nicht fixiert, nur in ethnographischen Bauten hatten sich vereinzelt



Abb. 5: Eckverbände durch Jochfüzung.

Rudimente davon erhalten (APALS 1974:141-153).

Mitten im Wohnraum stand ein Holz-Erde-Lehmofen eigener Konstruktion, längs den Wänden waren Bänke und Schlafpritschen aufgestellt.

Ebenso verschiedenartig in der Anlage, den Abmessungen und der Bauweise waren die Wirtschafts- und Wehrbauten, in denen sowohl Blockbau- als auch Pfostenbauelemente vertreten waren.

Wie die vorläufigen dendrochronologischen Untersuchungen gezeigt haben, wurde die erste Bebauung im Laufe von etwa vier Jahren geschaffen. Diese Bebauung bestand etwa 15 bis 17 Jahre (CERNYCH 1972 :110-111) und wurde dann, vermutlich weil der Rundholzbelag abgesunken war, abgetragen.

In der Kulturschicht der Wohnsiedlung fand man nicht nur eiserne Holzbearbeitungsinstrumente, die bereits aus Grabungen anderer archäologischer Denkmale jener Zeit bekannt sind, sondern auch Bauinstrumente aus Holz und anderem Material, die sich gewöhnlich nicht erhalten haben.

An eisernen Werkzeugen fand man Äxte von drei verschiedenen Größen, einen Stechbeitel, eine Hacke, ein Schnitzmesser, ein Schabeisen, sowie auch ein Messer mit breiter Spitze, das zur Entästung der Bäume und zum Hacken der Büsche hätte genutzt werden können (Abb. 7). Manche von diesen Werkzeugen waren mit



Abb. 6: Eckverbände durch Verkämmung (links) und Jochfüzung (rechts).

den Helmen erhalten geblieben, von anderen dagegen, z.B. von den Äxten, fand man die Helme in allen Stadien der Fertigung.

An hölzernen Werkzeugen fand man Keile, Schlägel, Hebel, Fragmente von Bastseilen, sowie Bastkörbe aus Linden- oder Birkenrinde zum Tragen der Erde (Abb. 3:14,18).

Beim Bau der Inselsiedlung ist offenbar auch der Bohrer gebraucht worden. Davon zeugen bis zu 3 cm dicke Bohrlöcher in den Balken und Brettern, in denen vereinzelt noch eingetriebene Zapfen erhalten sind. Den Bohrer selbst fand man leider nicht.

Vermutlich nutzte man zur Beförderung der Baustoffe als Zugkraft Haustiere, denn in der Kulturschicht der Wohnsiedlung fand man sowohl ein Ochsenjoch als auch ein Fragment von einem reichlich ornamentierten Pferdedekummet (Abb. 3:13).

Die methodischen Grundlagen und die Projektierung der Rekonstruktion

In der internationalen Praxis für die Erhaltung und Exponierung kulturhistorischer Denkmale werden drei Hauptmethoden angewandt: Konservierung, Restauration und Rekonstruktion. Bei jeder dieser Maßnahmen finden verschiedene technische Lö-



Abb. 7: Gefundene eiserne Holzwerkzeuge: Schmalaxt, Zugmesser, Beitel (oben) und ihre Repliken (unten).

sungen Anwendung, je nach der Art des Denkmals, den räumlichen und anderen Faktoren. Zur Erhaltung der Überreste der freigelegten Originalbauten auf der Wohninsel Araisi wäre die Konservierung die am besten geeignete Methode gewesen. Leider ist die Frage der Erhaltung des sogenannten nassen archäologischen Holzes in großen Mengen aus mehreren Gründen bisher noch nicht gelöst. Erstens ist das Holz dieser Bauten morsch und hat seine mechanischen sowie teilweise auch chemischen Eigenschaften verloren. Zweitens sind bisher noch nicht genügend effektive, günstige und wenig toxische Holzkonservant gefunden, mit denen man eine größere Menge archäologischen Holzes unbegrenzt lange oder wenigstens auf längere Dauer erhalten könnte. Langsames Trocknen weist in einzelnen Fällen gute Resultate auf, doch es eignet sich weder für Laubbäume, noch für stark vermodertes Holz. Darum konnte man die Überreste der Originalbauten der Inselsiedlung im Freien weder am Fundort noch in irgendeiner anderen Exponierungszone am Ufer des

Sees entdecken. Sie würden nicht den Änderungen der Witterungsverhältnisse oder der Belastung durch die Besucher standhalten. Aus diesen Gründen wurde als die geeignetste Methode zur Erhaltung und Exponierung der konstruktiven und räumlichen Realisationen der Inselsiedlung Araisi im Freien die Rekonstruktion anerkannt.

Der erste skizzenhafte Vorschlag zum Projekt der Rekonstruktion der Inselsiedlung entstand 1967 durch Architekt Dz. Driba. Er schlug vor, in dem untersuchten Mittelteil der Wohninsel Araisi ein mit transparentem Stoff überdecktes Becken mit Pavillon einzurichten, wo in Unterwasserhältnissen die Überreste der in den Grabungen freigelegten Originalbauten exponiert würden. Neben dem Becken müssten auf einer Plattform im See die Rekonstruktionen dieser Gebäude aus frischem Holz gebaut werden, in denen die Exposition der gefundenen Gegenstände untergebracht würde (DRIBA 1992:49). Vom methodischen Gesichtspunkt war der Vorschlag sehr ansprechend, da man sowohl originales Material als auch Rekonstruktion parallel zur Schau hätte stellen können. Leider wurde diese Variante damals aus technischen Gründen nicht realisiert: Es war nicht möglich, im See ein Becken vom nötigen Umfang mit klarem Wasser einzurichten.

Aufgrund aller genannten Umstände beschlossen die Autoren des Rekonstruktionsprojekts - der Archäologe J. Apals und der Architekt Dz. Driba - die Inselsiedlung Araisi aus frischem Holz als Freilichtmodell im Maßstab 1:1 zu rekonstruieren. Die angebotene Konzeption der Rekonstruktion war folgende: die unteren Teile der Bauten des Bebauungskomplexes der Wohninsel Araisi als Kopien der in den Grabungen freigelegten Originale wiederherzustellen, die oberen Teile aber als konstruktive Fortsetzung und Vollendung der unteren Teile zu rekonstruieren, wobei als Vorbilder die in der Kulturschicht gefundenen Bauelemente der oberen Teile und ethnographische Parallelen ausgenutzt werden. Dem Rekonstruktionsprojekt der In-

selsiedlung wurde also das an Ort und Stelle gefundene Material der Ausgrabungen zugrunde gelegt, das durch Beobachtungen am archäologischen und ethnographischen Material des lettischen Volkes und der Nachbarvölker ergänzt wurde.

Ein solches Verfahren sollte hohe historische Glaubwürdigkeit der Rekonstruktion gewährleisten (APALS 1994:4).

Trotz der guten Erhaltung der unteren Teile, der Fundamente und Bauten erforderte die Ausarbeitung des Rekonstruktionsprojekts eine umfangreiche Voruntersuchung. Zunächst erfolgte die Bestimmung der Grenzen der ersten Bebauung, die von den Aufschichtungen späterer Bauten getrennt werden mußten. Danach hatte man die Bauweise der einzelnen Bauten zu klären; die war erst möglich, als die konstruktive Bedeutung der Bauelemente der oberen Teile der in der Kulturschicht freigelegten Gebäude erkennbar war.

In der Kulturschicht der Inselsiedlung fand man im Verlauf der Ausgrabungen ziemlich viele Bauelemente der oberen Teile der Bauten, doch ihre konstruktive Bedeutung ließ sich nicht gleich erkennen, da keines dieser Elemente an seinem ursprünglichen Platz lag. Erst nach einem Studium des ethnographischen Materials der im Ostseeraum seßhaften (und anderer) Völker stellte es sich heraus, daß die Gebäude der Wohninsel Araisi zu einem archaischen Blockbautyp gehören, der in der Waldzone Nord- und Nordosteuropas verbreitet war und an einzelnen Stellen sich sogar bis zum 20. Jahrhundert erhalten hat (CERBULÉNAS 1958:79-80, Abb.24; DMOCHOWSKI 1935:326-329, Abb.17,18; ERIXON 1917:147-148, Abb.1; 1938:126-133, Abb.15,17; GIMBUTAS 1948:26-29, Abb.8,17; GUSTAFSSON 1972:46-49, Abb.13; LEBEDEVA 1929:9,24-26, Abb.26; ORFINSKI 1972:16,48, Abb.3,20).

Doch auch das ethnographische Material gab keine erschöpfende Antwort über die funktionale Bedeutung aller gefundenen Bauelemente. Man mußte noch graphische

Rekonstruktionen zeichnen, Modelle zweier Gebäude mit unterschiedlicher konstruktiver Realisation im Maßstab 1:10 verfertigen, ein experimentales Haus bauen. Erst dann wurde die konstruktive und räumliche Ausführung der Gebäude der Wohninsel Araisi in den Hauptzügen klar.

Die Projektierung der Rekonstruktion begann, wie schon erwähnt, während der Ausgrabungen. Gleich nach der Beendigung der Grabungen arbeiteten J. Apals und Dz. Driba die erste Reihe der Rekonstruktionsprojekts aus, die aus den Zeichnungen des in den archäologischen Grabungen erworbenen Ausgangsmaterials, der wissenschaftlichen Begründung und den technischen Zeichnungen der Fundamente, eines Wohnhauses und des Aufgangs bestanden. Beim Projektieren der Fundamente wurden einige Abweichungen vom Original zugelassen:

1. Um den nicht untersuchten Teil des Denkmals vor möglichen Schädigungen im Laufe der Arbeiten zu schützen, wurde die Rekonstruktion vom ursprünglichen Standort um 9 m zum Ufer hin verlegt.
2. Die tragenden Fundamentkonstruktionen - das Balkenrostwerk - das die Last des Bebaues und der Besucher bei erhöhter Feuchtigkeit auf Dauer hätte nicht aushalten können, wurde durch Eisenbetonpfähle und ein darauf gestütztes Rostwerk aus demselben Material ersetzt. Es war vorgesehen, diese modernen Konstruktionen unter dem Grundbelag und den Dielen der Wehrbauten so anzulegen, daß sie den Besuchern nicht sichtbar sein würden. Sonst gab es keine Abweichungen vom Original. Die Ausmaße und der Grundriß der Bauten sowie der Aufgang und die Distanz zum Ufer wurden voll und ganz bewahrt.

Nach Ansicht der Autoren sollte von den Bauten des Komplexes zunächst nur ein Wohnhaus in vollem Umfang ausgearbeitet werden, um an Hand praktischer Erfahrungen die zur Projektion erforderliche Zeit so-

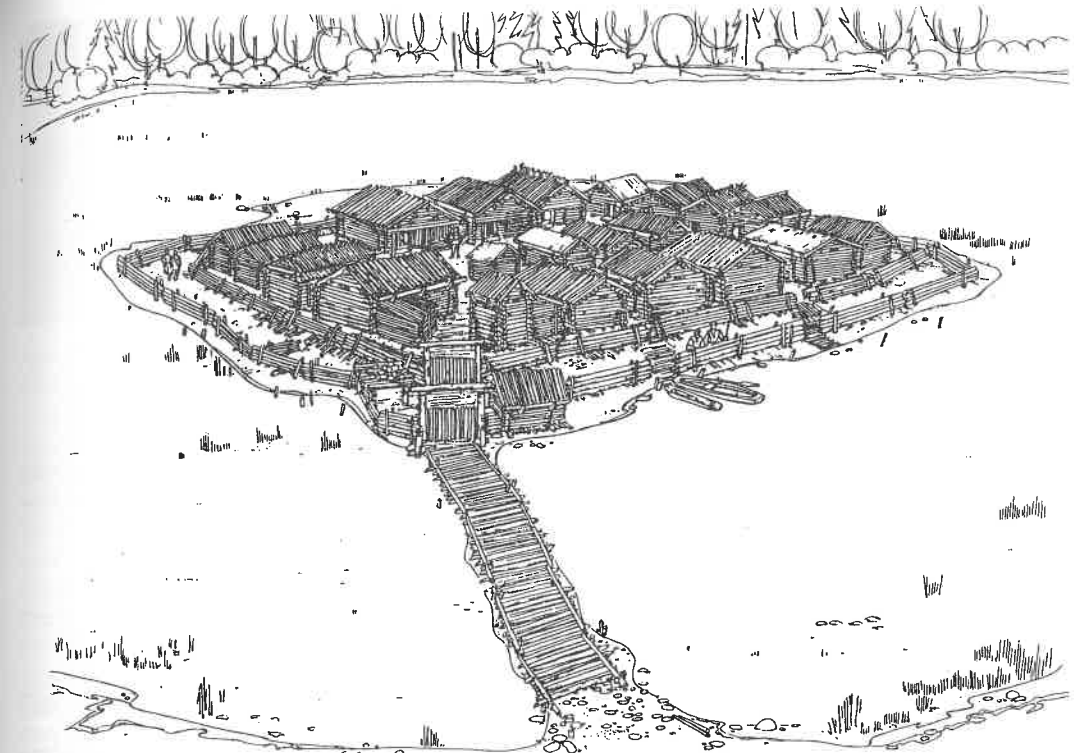


Abb. 8: Perspektive der Inselsiedlung Araisi vom 9. Jh. (Autoren des Projekts: Archäologe J. Apals, Architekt Dz. Driba).

wie den Einsatz technischer Mittel rationaler umsetzen zu können.

Bei der Fortsetzung der Projektierungsarbeiten arbeitete Dz. Driba bis 1982 auch das Schema des generellen Plans des Rekonstruktionsterritoriums und die Projekte des Ausstellungsgebäudes aus, die anderen Projektanten aber - die Entwürfe der ingenieurtechnischen Bedienung der Rekonstruktion. Daneben wurde im Jahre 1979 auch das Projekt der Melioration des Landschaftsparks Araisi ausgearbeitet, das später vervollkommen wurde und dessen Verwirklichung 1985 zu Ende kam.

Die zweite Reihe der Projektierung der Rekonstruktion führten die Autoren im Jahre 1985 durch, indem sie die technischen Zeichnungen aller zu rekonstruierenden Bauten ausarbeiteten. Wie zuvor beruhte das Projekt auf den Materialien der Ausgrabungen und umfassenden Arbeiten der

Voruntersuchung, zu denen auch der Bau des experimentalen Wohnhauses gehörte (APALS 1994:3-5).

Jede Rekonstruktion ist nur eine von mehreren historisch möglichen Realitäten (AHRENS 1990:182). An der Lage der Wohn- und Wirtschaftsgebäude der ersten Bebauung der Wohninsel Araisi hatten die Autoren keinen Zweifel, die Umfänge dagegen und die Lage der Wehrbauten konnten durch die späteren Erweiterungen der Bebauung verursachte Unterschiede aufweisen. Darum wurde das Rekonstruktionsprojekt mit drei verschiedenen Varianten der Wehrbauten ausgearbeitet. Für den Bau wählte man die letzte, die dritte Variante (Abb.8) mit Rücksicht auf spätere durch die Praxis hervorgebrachte Veränderungen im Laufe der Realisierung des Projekts.

Nach der Ausarbeitung des Rekonstruk-

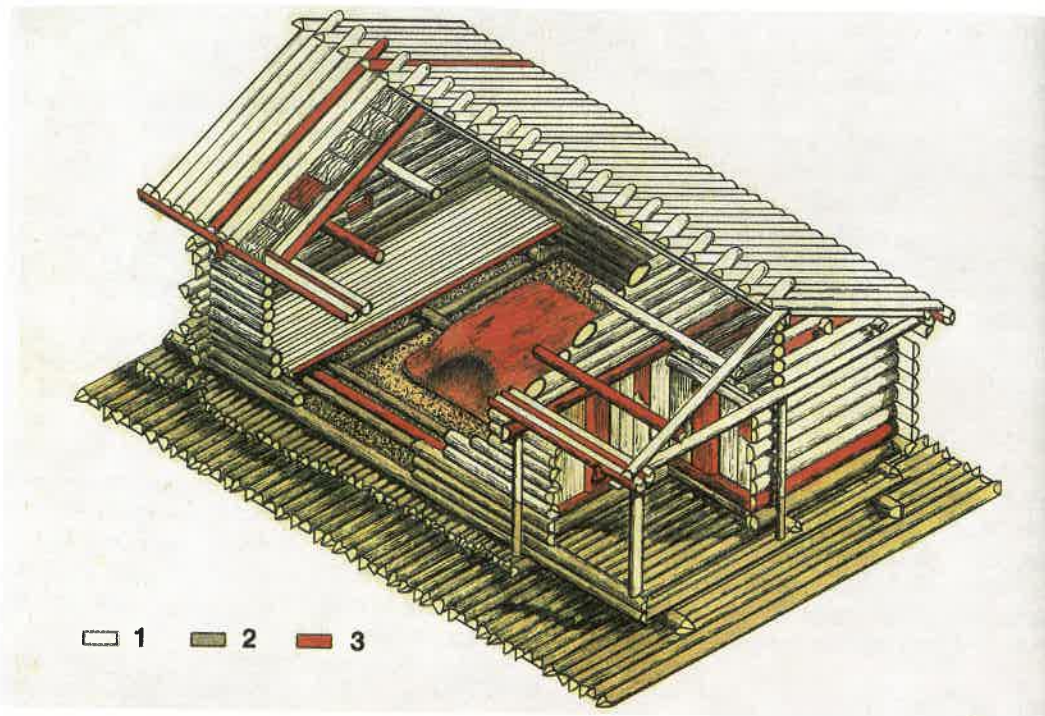


Abb. 9: Rekonstruktionsprojekt des Hauses 113 der Inselsiedlung: 1 - rekonstruierter Teil; 2 - erhaltener Originalteil; 3 - in der Kulturschicht gefundene Bauelemente.

tionsprojekts entstand eine Diskussion, die in der Zeitschrift „LPSR ZA Vestis“ fast zwei Jahre anhielt. Einige Architekten suchten aufgrund einer graphischen Analyse der Grundrisse der Bauten zu beweisen, daß die alten Lettgallen schon im 9. Jh. professionelle architektonische Bauverfahren gekannt und ausgenutzt hätten. Andere Architekten, Historiker und Archäologen, darunter auch die Autoren des Rekonstruktionsprojekts, lehnten dagegen diese Hypothese als historisch unbegründet ab (APALS 1994:6).

Die Rekonstruktion

Der Bau der Rekonstruktion wurde gleich nach der Ausarbeitung der ersten Reihe des Projekts im Jahre 1980 in Angriff genommen. Es wurden die Zufuhrbahnen und der Parkplatz angelegt, der Baugrund aufgeschüttet und das Holzmaterial für den Häuserbau herbeigeschafft.

Vor dem Beginn der Bauarbeiten am gesamten Rekonstruktionskomplex war es nötig, ein experimentales Gebäude zu errichten, bei dessen Bau man in der Lage war, die Eigenschaften der Baustoffe, die geeignetsten Bauverfahren sowie die Verwendung und die Produktivität der nach den Mustern der Funde gefertigten Werkzeuge zu klären bzw. zu testen.

Das Projekt der Rekonstruktion des experimentalen Gebäudes arbeitete J. Apals aus, der 1981 die Bauarbeiten leitete. Für das Experiment wurde das Gebäude der ersten Bebauung Nr. 113 als Prototyp gewählt - eins der am vollkommensten erhaltenen und konstruktiv kompliziertesten Gebäude. Vom Wohnraum waren das Fundament, die Holzstangendiele und die Wände in der Höhe von 4 - 5 Kränzen erhalten, von der Innenausstattung der Fußboden, der in der Mitte des Raumes befindliche Lehmofen sowie die Unterlagen der Bank und der Pritsche. An der Giebelfassade des Ein-



Abb. 10: Das 1981 gebaute experimentelle Gebäude (Nr. 113) der Rekonstruktion.

gangs waren die Wände im Jochverband verbunden, hinten aber in Verkämmung. Von dem offenen Flur waren nur die Diele und der untere Teil des rechts darauf errichteten Anbaus in der Höhe des Fundaments und des ersten Balkenkranzes erhalten (Abb. 9:1-3).

Das Gebäude errichteten fünf Studenten des 5. Studienjahres der Architekturfakultät der Rigaer Technischen Universität in 45 Arbeitstagen, indem sie sowohl mit heutigen Instrumenten, als auch mit Kopien alter Werkzeuge arbeiteten: eiserne Schmaläxte, hölzerne Keile, Schlägel und andere in der Kulturschicht gefundene Werkzeuge. Es muß betont werden, daß die Studenten über keine Erfahrung im Blockbau verfügten. Dessenungeachtet wurde nicht nur das Gebäude mit dem Anbau errichtet, sondern auch der Innenraum ausgestattet und zwar mit einem Lehmofen, den Bänken und Fächern sowie der Pritsche und der in einer Ecke abgetrennten Ablagestelle für die Wirtschaftsgeräte (hölzerne Mörser und Stößer) (Abb.10; APALS 1982:24-27).

Im Jahre 1983 fand ein den Problemen der Erforschung des Baus alter Häuser (8.- 14. Jh.) im nordwestlichen Teil der damaligen UdSSR gewidmetes Symposium statt, dessen Teilnehmer die fertiggestellte Rekonstruktion hoch einschätzten, wobei sie die wissenschaftlich fundierte Ausführung dieses Experiments betonten (RABINOVIC 1983:120).



Abb. 11: Arbeitsprozeß - Aufstellung der Häuser auf der Insel.

1985 waren alle für den Rekonstruktionsbau der Inselsiedlung Araisi nötigen Vorarbeiten geleistet. Leider verzögerte sich die Realisierung wegen des Wechsels der Verwaltungs- und Bauorganisationen. Der Startschuß erfolgte erst im Jahre 1990 (APALS 1994:6-7). Die Häuser werden auf dem Bauplatz am Ufer des Sees gebaut (Abb.11), danach auseinandergelegt, mit Konservanten durchtränkt und auf die Insel befördert. Bei solcher Arbeitsweise wird die Verunreinigung des Sees mit Spänen und anderen Bauabfällen verhütet. Die Bauhölzer werden mit dem im Institut der Holzchemie der Wissenschaftlichen Akademie Lettlands hergestellten wenig toxischen Konservanten „Erlit“ konserviert, der die Wirkung der Bakterien und des Feuers verlangsamt. Zu den Bauarbeiten werden örtliche Einwohner herangezogen - professionelle Zimmerleute, sowie Studenten Architekten und Historiker.

Zweifellos beschafften sich die Bauarbeiter im 9. Jh. die Baustoffe an Ort und Stelle, in der Nähe des Araisi-Sees, daher brauchte man sie nicht weit zu transportieren. Jetzt ist es nicht mehr möglich zu sagen, wo diese Bäume gefällt und ob sie zur Wohninsel mit Ochsen, Pferden oder auf andere Art und Weise befördert wurden. Heute wird das Bauholz für die Rekonstruktion aus weiterer Umgebung herbeigeschafft, zum Fällen der Bäume werden Motorsägen benutzt, zur Beförderung aber auf den Autotransport zurückgegriffen. Solche Kompromisse werden in der Rekonstruktions-

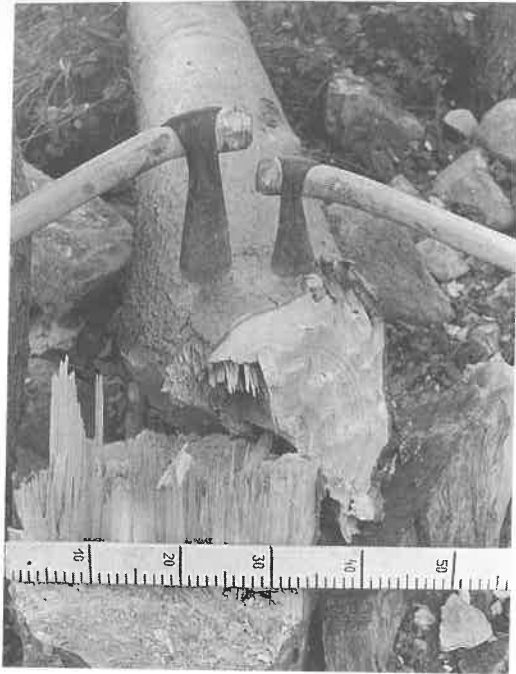


Abb. 12: Mit Repliken eiserner Schmaläxte gefällte Esche.

praxis als unvermeidlich und zulässig betrachtet, wenn sie unter der Kontrolle der Wissenschaftler geschehen (AHRENS 1990:36). Die Rohstoffe für Elemente besonderer Konfiguration (z.B. Holzhacken) beschaffen sich die Handwerker an Ort und Stelle in Araisi. Alle Bauarbeiten geschehen unter der Leitung und Aufsicht der Autoren des Rekonstruktionsprojekts.

Die vorläufigen Ergebnisse der Bauexperimente

Zur Zeit ist nur eine Hälfte des Gesamtumfangs der Inselsiedlung aufgebaut, daher tragen alle Folgerungen bis zur endgültigen Vollendung der Arbeiten einen vorläufigen Charakter.

Im Laufe der Rekonstruktion wird sowohl der Aufwand an Materialien als auch die Zeit für die verschiedenen Operationen fixiert. Es stellte sich heraus, daß man über den Arbeitsumfang und Zeitaufwand der

alten Lettgallen nur annähernde, nicht genaue Daten erlangen kann. Das ist sowohl durch objektive als auch durch subjektive Faktoren bedingt. So werden wir zum Beispiel durch keinerlei Experimente erfahren, wieviel Menschen am Bau der alten Inselsiedlung beteiligt waren, wie lange ihr Arbeitstag dauerte, welche Traditionen sie besaßen und welche anderen Umstände es gab, die die Bauarbeiten förderten oder hemmten. Dabei wissen wir nicht, ob die Bauarbeiter von heute trotz ihrer Beflissenheit und der Anwendung aller bautechnischen Verfahren, von denen die Spuren der alten Werkzeuge an den Originalbauten zeugten, genau so wie die alten Lettgallen verfahren.

Die meisten Arbeiten an der Bereitstellung der Baustoffe, sowie an der Ausstattung werden von Zimmerleuten mit Kopien alter Werkzeuge, den sog. Repliken, verrichtet. Zur Zeit werden schon Nachbildungen in der dritten Generation verwendet, bei denen die in der Praxis bemerkten Mängel der vorigen Nachahmungen behoben sind. Besonders breite Anwendung finden im Bau universelle Schmaläxte, mit denen man nicht nur hauen, sondern auch Kehlen und Löcher verschiedener Größe stemmen kann.

Um eiserne Äxte nachzumachen, mußte man zuerst in vollem Umfang ihre Schneiden rekonstruieren, die im Laufe der Zeit ziemlich abgebröckelt waren. Das erreichte man, indem man die Schneiden der Äxte mit den Spuren ihrer Hiebe an den Balken der Originalbauten verglich. Darauf folgten Konsultationen bei einem Fachmann der Metallographie über die technologische Struktur der Äxte. Dabei wurden Arbeitszeichnungen ausgeführt, Plastilinmodelle angefertigt und in Übereinstimmung damit die Replik selbst hergestellt. Ein erfahrener Schmied braucht zum Schmieden einer Schmalaxtreplik durchschnittlich 10 Stunden Arbeit (Abb. 7).

Die Äxte entstanden nach dem Muster der in den Ausgrabungen gefundenen Originale. Ein Tischler benötigt zur Herstellung

und zum Eintreiben eines Helmes von 0,8 m je nach dem Material 5-7 Stunden. Dagegen würde man zur Anfertigung eines solchen Helmes mit modernen Werkzeugen nur zwei Stunden benötigen. Zur Verfertigung einfacherer hölzerner Bauinstrumente - Hebel, Keile und Schlägel - im Unterschied zur Herstellung eiserner Werkzeuge - benötigt man nicht mehr als 10 Minuten, vorausgesetzt, das notwendige Material ist einsatzbereit.

Beim Ausprobieren der nachgemachten Äxte während des Holzfällens stellte sich heraus, daß man mit einer größeren Replik (Gewicht 0,8 kg, Länge des Helmes 0,8 m) eine 10 cm dicke Fichte in 8-10 Sekunden abhauen kann. Zum Abschlagen einer 20 cm dicken Fichte braucht man 4-5 Minuten, einer 30 cm dicken - schon etwa 15 Minuten. Mehr Zeit braucht man auch zum Abhauen eines härteren Baumes: Eine 30 cm dicke Esche konnte erst in 35 Minuten gefällt werden (Abb. 12). Wie die Versuche bewiesen, ist eine eiserne Schmalaxt dank ihrer stemmeisenähnlichen Form recht effektiv beim Hauen dünner Bäume. Mit zunehmendem Durchmesser des Baumes vermindert sich entsprechend ihre Produktivität im Vergleich zum Breitbeil. Das hat aber die früheren Bauarbeiter der Inselsiedlung Araisi nicht gehindert, mit beiderseitigem V-förmigen Einrieb sogar bis 65 cm dicke Kiefernstämme zu fällen, wie man sie im Rostwerk der Fundamente eingebaut fand. Hier ist natürlich auch die Arbeitsfertigkeit des Experimentators ausschlaggebend. So benötigt ein Anfänger, der zum erstenmal mit der Axt arbeitet, zum Fällen einer 18 cm dicken Fichte 7 Minuten, wogegen ein professioneller Waldarbeiter mit seiner Erfahrung dafür nur 40 Sekunden „investiert“. Wegen der unterschiedlichen Ergebnisse sollten für eine realistische Auswertung der Experiment-Resultate die Durchschnittszahlen zugrunde gelegt werden.

Im Frühjahr 1994 standen bereits 14 Wohnhäuser auf dem Grundbelag der Wohninsel an ihrem Platz (Abb. 13). Die Stufe ihrer Vollendung ist verschieden,



Abb. 13: Die Inselsiedlung steigt wieder auf... Herbst 1993

nicht alle haben belastete Dacheindeckung und Innenausstattung. Darum kann die vollständige Analyse der Ergebnisse der Bauexperimente erst am Ende der Rekonstruktion erfolgen. Heute kommt die überwiegende Information über die Lebensfähigkeit dieser alten Bauweise, die starken und schwachen Seiten ihrer konstruktiven Realisation von dem Experimentalhaus, das ohne Holzkonservation, Beheizung und Renovierung schon seit 1981 im Freien steht.

Während der Arbeit am Bau des Hauses entdeckte man einige Fehler, die sofort oder aber im nächsten Jahr behoben wurden, so z. B. am Rundholzbelag der Decke und an der Eindeckung mit Fichtenrinde. Als mißlich muß auch die Setzung des Lehmofens angesehen werden, der durch vorzeitige und allzu starke Heizung seine Funktion verlor. Nach der Behebung der genannten und noch einiger kleinerer Mängel besteht das experimentale Haus nun schon dreizehn Jahre und ist erst jetzt reparaturbedürftig. Das stimmt treffend mit den erwähnten dendrochronologischen Datierungen überein, nach denen man folgern kann, daß die Gebäude der ersten Bebauung der Wohninsel eine Dauer von 15-17 Jahren hatte.

Während der Bauarbeiten der Rekonstruktion wurde auch noch eine andere interessante Erscheinung beobachtet. Nicht bei allen in der Kulturschicht gefundenen Bauelementen, besonders denen, die zu den

oberen Teilen der Gebäude gehören, ließ sich ihre funktionale Bedeutung bestimmen. Aber bei der praktischen Ausübung der Bauarbeiten kam es nun mehrmals vor, daß der Handwerker, ohne im voraus darüber informiert zu sein, genau ein solches Bauelement fertigstellt und es da anbringt, wo die Konstruktion des Gebäudes es erfordert. Das könnte bedeuten, daß die Rekonstruktion der Inselsiedlung Araisi konstruktiv glaubwürdig ist.

Die Rekonstruktion bewahrt und demonstriert die alten Bauformen, Konstruktionen und das Können der Handwerker. Nach Beendigung der Bauarbeiten wird die Exposition der Innenräume eingerichtet werden. In den Gebäuden wird man die Heizanlagen und das innere Zubehör aufstellen - Klötze, Pritschen, Wandbretter, Hacken, Kopien verschiedener Haushaltsgeräte und Werkzeuge. Dort werden sich auch lebensgroße, in alte Trachten gekleidete Figuren der Einwohner der Inselsiedlung befinden. Auf solche Weise wird die Rekonstruktion die Bautraditionen und die Lebensweise der alten Lettgallen in der Wikingerzeit widerspiegeln.

Literatur:

- AHRENS, C. (1990): Wiederaufgebaute Vorzeit. Archäologische Freilichtmuseen in Europa. Neumünster.
- APALS, J. (1965): Klastu mitnes Latvijas PSR teritorija. In: Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis 5. Riga.
- APALS, J. (1974): Araisu ezera pils dzivojamas ekas (jugstura konstrukcija). In: Arheologija un etnografija XI. Riga.
- APALS, J. (1982): Araisu ezerpils 9. gs. dzivojama nama rekonstrukcija. In: Zinatniskas atskaites sesijas materiāli par arheologu un etnogrāfu 1980. (81. gada petījumu rezultātiem). Riga.
- APALS, J. (1994): Araisu ezerpils rekonstrukcija. Apskats. In: Latvijas Zinatnu Akademijas Vestis 2/94. Riga.
- TERBULENAS, K. (1958): Senoji lietuviu liaudies mediniu pastatu konstrukcija. In: Valstybinis LTSR Architekturos paminklu apsaugos inspekcijos metraštis. Vilnius.

- CERNYCH, N.B. (1972): Dendrochronologija srednevekovych pamjatnikov vostočnoj Evropy. In: Problemy absolutnogo datirovanija v archeologii. Moskva.
- DMOCHOWSKI, Z. (1935): Sprawozdanie ze studiów nad polskim budownictwem drzewnym. In: Biuletyn historii sztuki i kultury 4.
- DRIBA, Dz. (1992): IX gs. Araisu ezermitne tautas celtniecibas konteksta. In: Latvijas regionla arhitektura. Riga.
- ERIXSON, S. (1917): Några bidrag till det nordiska husets historia. In: Fataburen 1917. Stockholm.
- ERIXSON, S. (1938): Takhuv och takkam. In: Fataburen. Stockholm.
- GIMBUTAS, J. (1948): Das Dach des litauischen Bauernhauses aus dem 19. Jahrhundert. Stuttgart.
- GUSTAFSSON, G. (1972): Skansens handbok i vården av gamla byggnader.
- LEBEDEVA, N.I. (1929): Ziljee i hozjajstvennyje postroiiki Belorusskoj SSR. Moskva.
- ORFINSKI, V.P. (1972): Derevjannoje zodeestvo Karelii. Leningrad.
- RABINOVIC, M.G. (1983): Simpozium po drevnemu domostroitelstvu. In: Sovetskaja Etnografija 6. Moskva.
- SIEVERS, K.G. (1876): Pfahlbau im Arrasch-See (Lievland). In: Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. Berlin.
- SNITNIKOV, A.V. (1957): Izmencivostj obscei uvlaznennosti materikov severnogo polusarija. In: Zapiski geograficeskogo obscestva SSSR, t. 16, novaja serija. Moskva-Leningrad.
- VIRCHOV, R. (1877): Pfahlbau vom Arrasch-See. In: Ztschr. für Ethnologie. Berlin.
- WILLERDING, U. (1977): Über Klima-Entwicklung und Vegetationsverhältnisse im Zeitraum Eisenzeit bis Mittelalter. In: H. Jankuhn, R. Schützeichel, F. Schwind (Hrsg.). Das Dorf der Eisenzeit und des frühen Mittelalters. Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Phil hist. Klasse, 3. Folge Nr. 101 Göttingen.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Jānis Apals
Institut für Geschichte Lettlands
Turgenewstraße 19
Riga, LV - 1518

Neues zu einer alten Frage*

Beobachtungen und Überlegungen zur Befestigung altneolithischer Dechselklingen und zur Rekonstruktion bandkeramischer Querbeilholme

Jürgen Weiner und Alfred Pawlik

„The general point, however, must be clear, that for function testing the object must be made in an appropriate manner...The actual methods by which objects are used to carry out certain functions require more thought than untutored volunteer labour is likely to give“.

John Coles (1979)

„If modern man - archaeologist-experimenter - is to be able to simulate these processes and things and if he is, at the same time, to unveil many of their secrets, he must reduce modern customs and views to a minimum and acquire vast special knowledge and skill on the basis of archaeological remains, ethnographical and written sources, etc.“

Jaroslav Malina (1983)

Zum bandkeramischen Brunnen von Erkelenz-Kückhoven

Im Dezember 1990 wurden bei Grabungsarbeiten auf einem jüngerbandkeramischen Siedlungsplatz bei Erkelenz-Kückhoven

(Rheinland) aus einer Tiefe von fast 7 m unterhalb der heutigen Oberfläche im Vorfeld einer Kiesgrube bearbeitete Hölzer geborgen. Niemand konnte seinerzeit vermuten, daß auf diesem Lößplateau der untere Abschnitt eines komplett erhaltenen bandkeramischen Brunnens mit einer Resttiefe von noch annähernd 8 m angetroffen worden war. Alleine die Dimensionen des Brunnenbauwerkes sind beeindruckend. Es handelt sich um drei exzellent erhaltene, ineinander gebaute Brunnenkästen mit quadratischem Grundriß aus mächtigen Eichenholzspältlingen, von denen der größte eine Seitenlänge von ca. 3 m besitzt. Gleichermaßen beeindruckend ist die große Menge unglaublich gut erhaltenen organischen Materials aus der Füllung des größten Brunnenkastens, das sowohl in natürlicher als auch in Artefaktform geborgen wurde. Bestimmte Beobachtungen legen es nahe, diese Brunnenfüllung als Siedlungsabfall zu bezeichnen, und es hat den Anschein, als sei das gesamte Füllmaterial in relativ kurzer Zeit in diesem Kasten deponiert worden (WEINER 1993; 1995).

Letztlich ist es eine Kombination verschiedener Umstände, die zur Bildung nachgerade unglaublicher Erhaltungsbedingungen auf relativ begrenztem Raum geführt hat, so daß dieser einzigartige Befund mehr als 7000 Jahre überdauern konnte.

Neben den Funden aus vergänglichen Stoffen lieferte die Brunnenfüllung auch Reste der typischen Keramikprodukte sowie zahlreiche Artefakte aus Feuer- und Felsgestein. In der letztgenannten Materialgruppe fallen vor allem die häufig bemerkenswert gut erhaltenen Oberflächen der Keramik, aber auch der Felsgesteinartefakte auf. Dies steht in z.T. krassem Gegensatz zu Beobachtungen an vergleichbaren Fundstücken aus Siedlungsgruben desselben Fundplatzes. So liegt der Gedanke nahe, daß sich das besondere Einlagerungsmilieu möglicherweise auch auf die erstklassige Erhaltung dieser Artefaktgruppe günstig ausgewirkt hat.

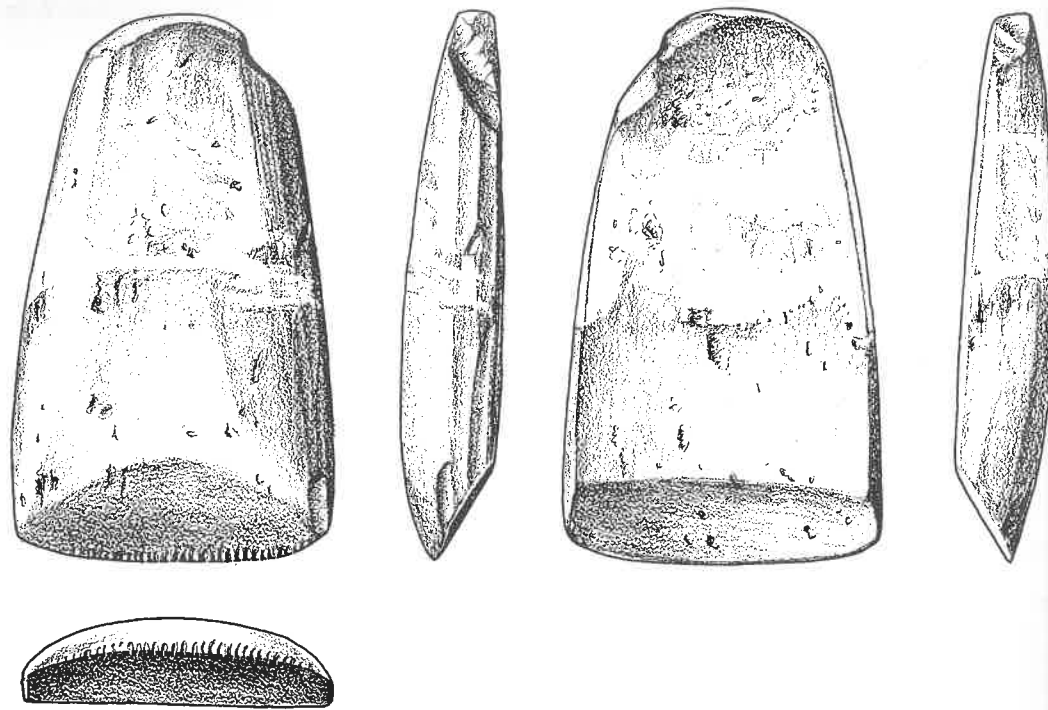


Abb. 1: Erkelenz-Kückhoven, Dechselklinge aus Amphibolit. M 1:1

Die Dechselklinge

Beim Ausgraben des mächtigen Abfallpaketes im untersten Abschnitt des größten Brunnenkastens wurde im Jahre 1993 eine Dechselklinge freigelegt (Abb. 1).

Das Exemplar ist vollständig und weist keinerlei moderne Beschädigung auf. Es besitzt annähernde Trapezform mit halbrundem Nacken und eine vermutlich durch Abnutzung bzw. Nachschleifen nur gering ausladende Schneide.¹ Sein Querschnitt ist flach-D-förmig. Die Länge beträgt 7,5 cm, die Breite an der Schneide 4,3 cm und die Dicke 1,3 cm; das Stück wiegt 73 g. Formal entspricht diese Dechselklinge dem Typ IV von Modderman, dem Typ III von Farruggia bzw. dem Typ 1 (flat adze) von Bakels (BAKELS 1987); nach Dohrn-Ihmig gehört das Exemplar zur Gruppe der „flachen Dechsel“ (DOHRN-IHMIG 1983, 73ff.)²

Die Farbe des Gesteines ist im jetzigen Zustand schwarz-grau mit einem leichten Grünton. Das Material ist erkennbar geschiefert; die Schneide steht in einem Winkel von annähernd 30° zur Ebene der Schieferung.

Ohne den Ergebnissen einer geplanten petrographischen Untersuchung vorgreifen zu wollen, dürfte das Gestein vermutlich der Aktinolith-Hornblendeschiefer-Gruppe zuzurechnen sein. In der Literatur wird dieses Felsgestein landläufig als „Amphibolit im weiteren Sinne“ bezeichnet (BAKELS 1987; SCHWARZ-MACKENSEN und SCHNEIDER 1983; 1986). Dechselklingen aus dieser Gesteinsart, deren Vorkommen in Mitteleuropa bzw. dem nördlichen Balkan vermutet werden, bilden einen festen Bestandteil der Steingeräte-Inventare altnéolithischer Fundplätze; dies gilt auch für das belgisch-niederländisch-rheinische Verbreitungsgebiet der Bandkeramik (ARPS 1990; BAKELS 1987; WEINER 1982).

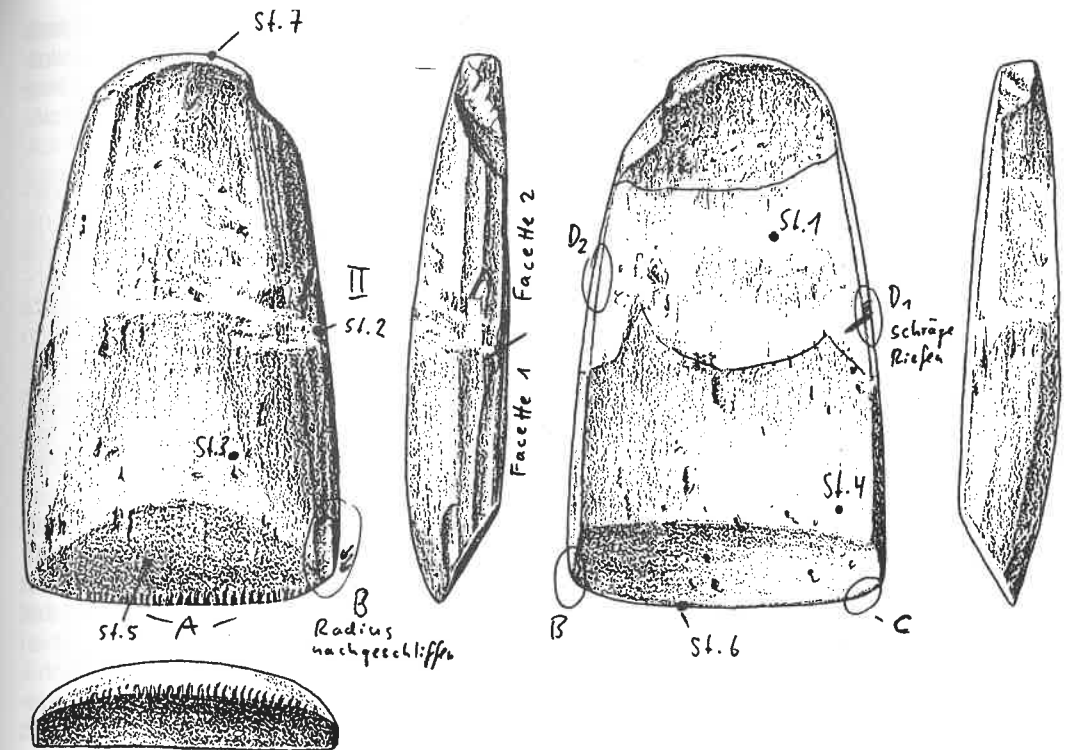


Abb. 2: Erkelenz-Kückhoven, Dechselklinge, Lage und Art der Schäftungs- und Gebrauchsspuren

Bereits nach der ersten, flüchtigen Reinigung des Stückes konnten mit bloßem Auge auf seiner außerordentlich glatten und leicht fettglänzenden Oberfläche verschiedene Spuren erkannt werden. Neben einer größeren Anzahl parallel verlaufender Riefen im dorsalen Schneidenbereich ist es vor allem eine deutlich begrenzte Zone z.T. intensiven Hochglanzes, die bandartig die nackenseitige Hälfte der Beilklinge - intensiver und somit deutlicher erkennbar auf der Ventralfläche dieses Abschnittes - umläuft (Abb. 2). Erwartungsgemäß sind auch die teilweise naturbelassenen Nackenfacetten stark verrundet.

Gebrauchs- und Schäftungsspuren an bandkeramischen Dechselklingen

Glanz- und Verrundungsspuren ähnlicher Art und Lage wurden mehrfach an bandkeramischen Dechselklingen beobachtet

und als Schäftungsspuren interpretiert; diese Annahme gilt auch für die vorliegende Dechselklinge. Da bislang kein einziger bandkeramischer Dechselfund gefunden worden ist, stellen derartige Spuren die z.Z. wichtigsten und aussagekräftigsten Hinweise für Rekonstruktionsversuche von Dechselfundstücken und anschließende praktische Experimente dar.

Eine der wichtigsten Fragen in diesem Zusammenhang ist freilich nach wie vor unbeantwortet: Wie waren die Dechselklingen in den Schäften befestigt? So sind prinzipiell zwei Fixierungsmöglichkeiten denkbar: Einstecken in ein Schaftloch ohne jegliche weitere Befestigungshilfe oder An- bzw. Aufbinden unter Verwendung einer Schnurwicklung. Natürlich lassen sich beide Arten auch kombinieren. Diese Feststellung gilt im übrigen analog für die eventuelle Annahme der Verwendung von Zwischenfuttern oder Muffen aus Holz.³

Bemerkenswert ist nun, daß der Vorgehensweise aller Autoren, die Schäftungsspuren auf bandkeramischen Dechselklingen erkannt und beschrieben haben, eines gemeinsam ist: Ihre Beobachtungen beruhen bislang ausnahmslos auf makroskopisch erkannten Veränderungen der Artefaktoberflächen (Glanz, Verrundungen, Schnitt- bzw. Kratzspuren sowie unterschiedlicher Farbgebung) und deren Position auf den Geräten (DOHRN 1980; DOHRN-IHMIG 1981;1983; MODDERMAN 1970; PAVUK 1972). Als Ergebnis der Untersuchungen wurden Schäftungsvorschläge von Dechselklingen und diverse Verwendungsmöglichkeiten als Querbeil, Stechbeitel oder Hobel geliefert.⁴

Durch die bahnbrechenden Arbeiten von Semenov sind jedoch schon seit dem Jahre 1957 die bemerkenswerten Möglichkeiten einer heute als sog. Mikrogebrauchsspurenanalyse bezeichneten und allgemein akzeptierten Untersuchungsmethode bekannt (SEMENOV 1964).

Dieser Autor untersuchte u.a. ein mesolithisches sog. Kernbeil und diverse Beilklingen mit asymmetrischen Querschnitten aus neolithischen Fundplätzen. Seine mikroskopischen Untersuchungen der Lage, Art und Intensität von Abnutzungs- bzw. Gebrauchsspuren führen ihn zu der Erkenntnis, daß die Artefakte mit der Schneide querstehend und mit ihrer gewölbten Dorsalfläche zum Werkstoff weisend geschäftet wurden. Folgerichtig liefert er Rekonstruktionsvorschläge für die Schäftung der untersuchten Artefakte als Dechselklingen auf Knieholmen (SEMENOV 1964, 126ff., 127 Abb. 61,2; 135 Abb. 65,2).

In diesem Zusammenhang sei auch an die frühen aktualistischen Versuche in Verbindung mit der Untersuchung von Gebrauchsspuren an mesolithischen „Kern-“ und „Scheibenbeilen“ durch Gramsch und ihre Aussagen zur Schäftung beider Beilklingenformen erinnert (GRAMSCH 1966).

Vor diesem Hintergrund verwundert die Tatsache, daß bis zum heutigen Tage nach unserer Kenntnis noch niemals der Versuch

unternommen wurde, die makroskopisch erkannten Schäftungsspuren auf bandkeramischen Dechselklingen ebenfalls einer Mikrogebrauchsspurenanalyse zu unterziehen.⁵

Selbst nach der Lektüre eines kürzlich veröffentlichten Artikels, dessen vielversprechender Titel die Gebrauchsspurenanalyse bandkeramischer geschliffener Großsteingeräte ankündigt, sieht sich der gespannte Leser in seiner Hoffnung enttäuscht. Auch in diesem Falle geht die Beschreibung der an den hier untersuchten Dechselklingen erkannten Schäftungsspuren nicht über diejenige der bereits genannten Untersuchungen hinaus.⁶

Auf der Basis der makroskopischen Schäftungsspuren kann die Frage der Befestigung nicht zufriedenstellend beantwortet werden. Nun liegt die Annahme nahe, daß die häufig großflächigen makroskopischen Schäftungsspuren auch im Mikrobereich - eventuell bislang unbekannte - aussagefähige Ausprägungen aufweisen und damit Hinweise auf die Befestigung oder das Schaftmaterial liefern können.

Deshalb wurde die Dechselklinge aus Erkelenz-Kückhoven einer Mikrogebrauchsspurenanalyse unterzogen.

J.W.

Ergebnisse der Mikrogebrauchsspurenanalyse

Das Artefakt besitzt eine glatte Unterseite und eine gewölbte Oberseite (im folgenden Ventral- bzw. Dorsalfläche genannt). Der Querschnitt ist dadurch flach D-förmig. Die Schneidenkante verläuft leicht konvex. Die eigentliche Schneide ist ventral durch eine in ca. 30° zur Ventralfläche stehende, bis zu 14 mm breite, flache Facette und dorsal durch eine gewölbte, mit einer Neigung von ca. 20° zur Dorsalfläche verlaufende Abschrägung zur Schneidenkante gebildet. Sie besitzt einen V-förmigen Querschnitt. Die Ventralfläche verläuft von der Schneidenfacette in Richtung Nacken über eine Länge von ca. 30 mm gleichmäßig horizontal, wölbt sich dann jedoch leicht in einem Winkel von ca. 4° nach oben (Abb. 1).

Bereits makroskopisch sind verschiedene Formen von Gebrauchsspuren und Kantenbeschädigungen erkennbar, die eine Benutzung als gesichert erscheinen lassen. Auf den Oberflächen des Werkzeuges sind umlaufend flächige „Makro“-Polituren (im Unterschied zu den im Mikroskop zu beobachtenden „Mikropolituren“, s.u.) vorhanden, die von der Schäftung herrühren und durch Reibung zwischen Schaft und Steinoberfläche als reactio beim Aufprall der Dechselklinge auf den Werkstoff entstanden sind. Der Nacken ist zur Seitenfläche II hin ausgesplittert. Die Ränder dieser Aussplittierung sind nur schwach verrundet, während der unbeschädigte Nackenbereich starke Verrundungen und einen starken Glanz zeigt. Weiter sind unterschiedliche Arten von Riefen und makroskopischen Striae in verschiedenster Anordnung und Intensität erkennbar.

So stellte sich bei dieser Dechselklinge nicht nur die Frage nach der Art des ehemaligen Kontaktmaterials (Werkstoffes), wie üblicherweise von der Gebrauchsspurenanalyse gefordert; zusätzlich ist zu fragen, welche Schäftungsweise sich vielleicht anhand mikroskopischer Spuren rekonstruieren oder zumindest mutmaßen läßt. Erst unter Berücksichtigung beider Aspekte läßt sich eine Analyse der Funktion und der Handhabung dieses Artefaktes durchführen.

Methodik

Durchgeführt wurden lichtmikroskopische Analysen, zum einen in einem niedrig vergrößernden Bereich unter 100-facher Vergrößerung operierend (die sog. „Low-Power“ Methode nach TRINGHAM et al. 1974) und zum anderen im Bereich zwischen 100-facher und 500-facher Vergrößerung (sog. „High Power“ Methode vgl. KEELEY 1980). Ausgehend von in kontrollierten Versuchen experimentell erzeugten Gebrauchsspuren an eigens zu diesem Zweck hergestellten Replikaten prähistorischer Steingeräte, werden die verschiedenen Formen und Arten von Kantenbeschä-

digungen und Oberflächenveränderungen untersucht, um anhand charakteristischer Merkmale Rückschlüsse auf die einstmalige Verwendung von Artefakten ziehen zu können.

Vor dem Beginn der mikroskopischen Untersuchungen wurde das Artefakt in einem Ultraschallbad mit einer milden Netzmittellösung gereinigt und mit einer 50% Alkohollösung entfettet. Im weiteren Verlauf der Analyse wurde diese Prozedur mehrmals wiederholt. Die Artefaktoberflächen befanden sich in einem guten Zustand ohne wesentlichen Einfluß von Patinierung oder Sediment. Es waren keine Residues, d.h. anhaftende Rückstände, beispielsweise von einer Schäftung, erkennbar.

Low Power Analyse

Die Low Power Analyse wurde mit Hilfe eines Zoom-Stereomikroskopes durchgeführt. Dieses arbeitet stufenlos in einem Vergrößerungsbereich von 7- bis 40-fach und kann, wenn nötig, durch Okularwechsel und Vorsatzlinsen auf einen Vergrößerungsbereich von 3,5- bis 80-fach erweitert werden. Es ist mit einem Trinokulartubus ausgestattet, der den Anschluß eines Kammergehäuses ermöglicht. Dieser Anschluß ist kompatibel zum Fototubus des für die High Power Analyse verwendeten Auflichtmikroskopes, so daß die Kamera jederzeit von einem zum anderen Mikroskop gewechselt werden kann. Das Stereomikroskop ermöglicht die räumliche Ansicht von Objekten und ist daher besonders gut für die Beurteilung von Kantenbeschädigungen geeignet. Mit Hilfe einer Schwanenhals-Lichtleiterlampe kann jeder beliebige Objektbereich individuell ausgeleuchtet werden.

Schneidenfläche

Ventral zeigt die Schneidenfläche in Tiefe und Breite gleichmäßige, parallel verlaufende Riefen mit der Hauptrichtung senkrecht zur Kante. Diese sind durch den

Schleifprozeß während der Herstellung entstanden. Dorsal sind auf der oberen Schneidenfläche ebenfalls Schleifspuren von der Herstellung erkennbar, welche im Mittelbereich senkrecht zur Schneidenkante, zur Seite hin jedoch schräg verlaufen. Dadurch wurde bei der Bearbeitung auf die gewölbte Fläche zugearbeitet. An der unmittelbaren Schneidenkante verlaufen dorsal auch relativ kurze, tiefe Riefen mit einer durchschnittlichen Länge von etwa 2,0 mm (Bereich A, Abb. 3.1). Diese passen nicht zum feinen Finish-Schliff des Herstellungsprozesses und sind sicher erst später, wahrscheinlich beim Nachschärfen der Kante durch den Benutzer entstanden. Wenig wahrscheinlich ist es dagegen, daß diese Spuren als Folgen eines Gebrauches entstanden sind. Ihre Morphologie, Anordnung und Richtung ist zu regelmäßig, was gegen einen Kontakt mit einem - natürlich entsprechend harten - Werkstoff spricht. In diesem Falle sollten noch verschiedene andere Spuren, wie etwa Aussplitterungen und weitere, feinere Riefen, auf der Kante vorhanden sein. Auch die High Power Analyse müßte deutlich entwickelte Polituren erkennen lassen (s.u.).

Während die ausschließlich sehr feinen Schleifspuren der Endbearbeitung vermutlich nur durch Naßschleifen mit einem ausgesucht feinkörnigen Schleifmittel entstanden sein dürften, sind die tiefen Riefen auf einen Trockenschliff mit einem grobkörnigen, aber effektiven Schleifmaterial zurückzuführen. Die Schneide zeigt praktisch keine Mikro-Aussplitterungen. Es können aber größere Aussplitterungen beobachtet werden. Im Bereich B befindet sich dorsal ein flach verlaufendes Negativ mit flachem Proximalquerschnitt und Angelbruchende sowie ventral hiervon etwas versetzt ein im Querschnitt halbmondförmiger Ausbruch. Beide Negative sind an ihren Rändern stark verrundet. Es wurde offenbar versucht, diese Beschädigung durch nachträglichen Abschleifen auszugleichen. Der Schneidenradius ist hier auch deutlich geringer als auf der anderen Seite der Kante. Nach den Formen und Querschnitten dieser Aussplitterungen ist ein heftiger Auf-

prall auf einem harten, unelastischen Material wahrscheinlich die Ursache gewesen.

Im Bereich C befindet sich schließlich noch ein einzelner flacher Ausbruch mit stufenförmigem Distalquerschnitt. Mit einer Breite von 0,9 mm und einer Tiefe von 0,3 mm stellte diese Aussplitterung vermutlich nur eine geringe Beeinträchtigung der Arbeit mit dieser Kantenpartie dar und wurde deshalb auch nicht mehr ausgeglichen.

Seitenflächen

Die Untersuchung der Seitenflächen beider Längskanten (Abb. 2) ergab gewisse Unterschiede: Kante II zeigt tiefe, gröbere Riefen parallel zum Kantenverlauf und eine senkrecht zur Ventralfläche stehende Facette mit einer ziemlich gleichbleibenden Breite von ca. 3,0 mm. Diese ist in ihrem Verlauf „zweigeteilt“, vermutlich als Folge eines Handabgangswechsels beim Anbringen dieser Facette während des formgebenden Schlifffes. Der D-förmige Werkzeugquerschnitt wirkt dadurch an dieser Kante II eckiger.

Auf der Fläche von Kante I finden sich dagegen feine und kurze Schleifspuren, die vor allem senkrecht und schräg zur Kante

Abb. 3: Erkelenz-Kückhoven, Dechselklinge, Ausprägungen der Schäftungs- und Gebrauchsspuren

Abb. 3.1: Bereich A. Tiefe Riefen senkrecht zur Schneidenkante

Abb. 3.2: Feine Schleifspuren an Kante I („Naßschliff“)

Abb. 3.3: Größere Schleifspuren an Kante II, ev. durch Nachbearbeitung entstanden

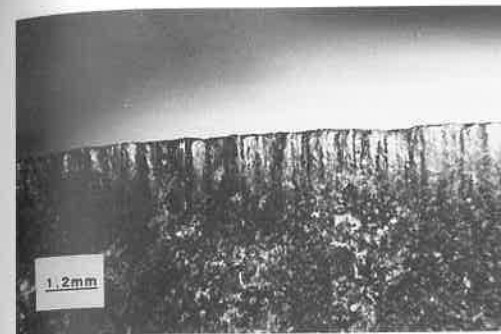
Abb. 3.4: Gebrauchspolitur in der Binnenfläche des Schneidenbereiches

Abb. 3.5: Der unmittelbare Kantenbereich ohne Gebrauchsspuren

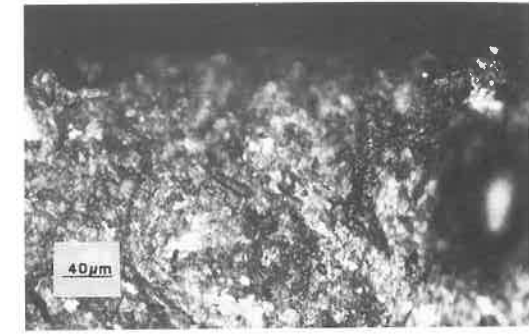
Abb. 3.6: Schäftungspolitur eines harten organischen Materiales („Holzpolitur“)

Abb. 3.7: Schäftungspolitur eines weichen Materiales („Bindung“)

Abb. 3.8: Wahrscheinlich durch ein „Futter“ verursachte Politur am Nacken der Dechselklinge („Puffermaterial“)



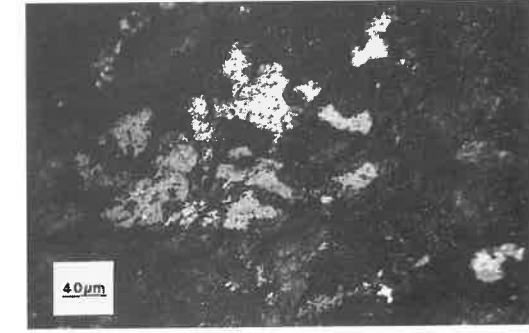
3.1



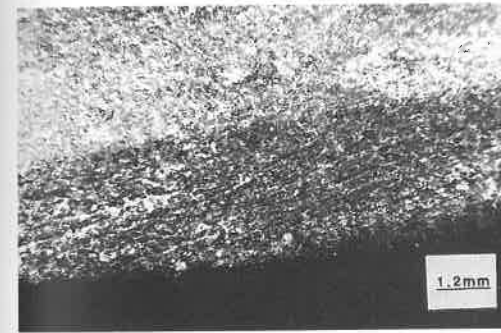
3.2



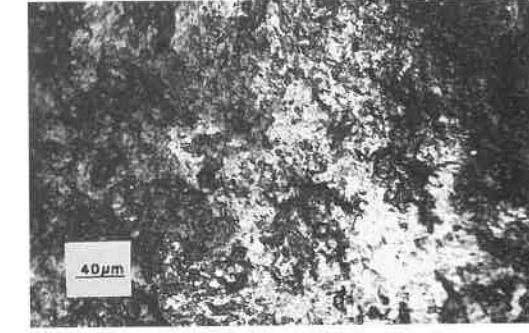
3.3



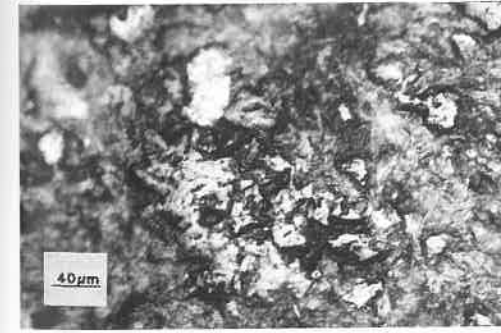
3.4



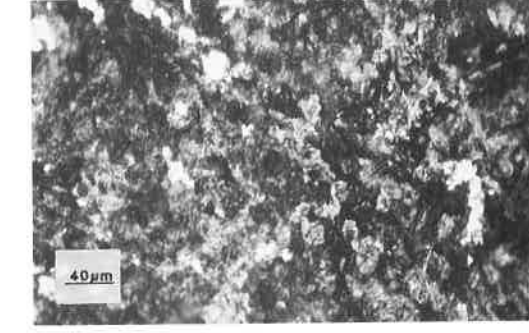
3.5



3.6



3.7



3.8

verlaufen. Im Querschnitt betrachtet, ergibt sich ein deutlich runderer Verlauf von dorsal nach ventral als an Kante II. Eine abgegrenzte Facette läßt sich eigentlich nicht, bzw. höchstens vage im vorderen Bereich, jedoch ohne die vorher beschriebenen parallelen Riefen, erkennen. Keinesfalls wurde hier der gleiche Arbeitsschritt durchgeführt wie an Kante II. Auch hier erscheint es, als ob an Kante I noch das ursprüngliche Naßschliff-Finish vorliegt (Abb. 3,2), während die tieferen parallelen Riefen entlang der Kantenfläche II die Folge eines nachträglichen, etwas gröberen (Trocken-) Schliffes, eventuell als Korrektur der „Produktionsformgebung“, sind (Abb. 3,3). Der Grund könnte z.B. die Einpassung in eine bereits bestehende Schäftung sein. Jedoch stellt sich dann die Frage, warum auch im vorderen Bereich zur Schneide hin dieser „Facettenschliff“ besteht, der bewußt mit veränderter Handhabung und anderem Aufsetzwinkel zum Schleifstein in einem Arbeitsgang erfolgte. Auf jeden Fall haben dadurch beide Kanten im vorderen Bereich einen leicht sichelförmigen Querschnitt. Vielleicht legte der damalige Bearbeiter darauf einen gewissen Wert. Über den Anlaß läßt sich hier jedoch nur spekulieren, vielleicht aus Gründen eines regelmäßigen Designs oder aber, um eine gleichmäßigere Festigkeit und höhere Stabilität des Werkzeuges im Spannungsbereich zwischen den Seitenflächen und der Schneidenkante zu erreichen.

An den Kantenzonen D1 und D2 tritt eine stärkere Rundung auf. Teilweise ist die Kante sogar leicht durch überrundete Aussplitterungsnegative konkav eingezogen und wirkt dadurch leicht „ausgefressen“. Weiter fällt auf, daß im Bereich D1 eine leichte Riffelung anliegt. Diese verläuft nicht senkrecht, sondern etwas schräg zur Kante. Es ist möglich, daß teilweise die Kante etwas vom Schaft überstand und an dieser Seite entweder leicht „nachgefeilt“ wurde oder, daß durch eine Bindschäftung (s.u.) hier entsprechend starke Abnutzungskräfte wirkten.

Die Nackenfläche ist stark verrundet und hochglänzend. Sämtliche Kanten und Fa-

cetten des Nackens sind gerundet und oberflächenpoliert. In Übereinstimmung mit vergleichbaren (makroskopischen) Beobachtungen an Dechselklingen liegt die Annahme nahe, daß hier ein weiches Futter zwischen Nacken und Schaft plaziert worden ist, das als „Stoßdämpfer“ wirken sollte, um Reaktionskräfte, die zur Beschädigung der Dechselklinge führen könnten, zu verringern.

High Power Analyse

Die High Power Analyse bedient sich im lichtmikroskopischen Bereich metallurgischer Auflichtmikroskope. Das hier verwendete Olympus BHMJ verfügt über einen modifizierten Objektträger, Long-Distance-Objektive und einen Differentiellen-Interferenzkontrast-Zusatz zur Kontrastoptimierung. Die Vergrößerungsleistung liegt zwischen 100- und 500-fach. Im Unterschied zur Low Power Analyse werden hier die Werkzeugoberflächen der mutmaßlichen Funktionsbereiche auf etwaige Veränderungen beobachtet. Diese Veränderungen, die sog. „Mikropolituren“, können in Abhängigkeit vom einstmals bearbeiteten Werkstoff bzw. dem Kontaktmaterial in ihrer Morphologie variieren. Zusätzlich können auf diesen Polituren Richtungsindikatoren, sogenannte „Striae“, erscheinen. Auch die Polituren selbst können in linearer Anordnung auf den Oberflächen vorliegen und Hinweise auf die Bewegungsrichtung des Werkzeuges geben. Dabei ist jedoch generell zu beachten, daß bei Artefakten zahlreiche natürliche Einflüsse auf die Oberflächen einwirken können, die ihrerseits Gebrauchspolituren ähnlich sehen oder deren Analyse beeinträchtigen können (z.B. Oberflächenpatinierung oder Bewegungen im Sediment). Weiter gilt, daß ähnliche Werkstoffe (z.B. Knochen/Geweih oder Fell/Leder) auch ähnliche Polituren ausbilden, die unter Umständen nicht mehr differenziert werden können. Daher ist es oft sicherer, lediglich Werkstoffgruppen zu benennen (z.B. „härtere organische Werkstoffe“; vgl. PAWLIK 1992).

Schneidenfläche

Der unmittelbare Kantenbereich zeigt dorsal nur Striae und Linearpolituren senkrecht zur Kante. Diese stammen eher vom Nachschärfen als vom Gebrauch. Gebrauchspolituren erscheinen erst in der Binnenfläche ab etwa 3 mm von der Kante entfernt auf den Hochstellen des Mikroreliefs. Sie ähneln den „Holz-Polituren“ des Schäftungsbereiches (s.u.) und wirken lediglich etwas mehr plastisch gewölbt (Abb. 3.4). Ventral ist die gleiche Politurverteilung vorhanden, die unmittelbare Kante selbst ist unpoliert und „körnig ausgefressen“ (Abb. 3.5). Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß die Schneide auf der Dorsalfläche zwar noch nachbearbeitet wurde, dann aber nicht mehr oder nur noch in sehr geringem Maße mit dem Gerät gearbeitet worden ist. Der bearbeitete Werkstoff dürfte mit Sicherheit Holz gewesen sein.

Schäftungsbereich

Ventral sind im „glänzenden“ Schäftungsbereich voneinander isolierte Stellen mit hell reflektierenden Polituren eines härteren organischen Materials vorhanden. Auf diesen Politur-Spots sind feine Striae vorhanden, die parallel zur Längsachse, d.h. senkrecht zur Schneide verlaufen (Abb. 3,6). Sie gleichen experimentell erzeugten Holzpolituren auf nachgebildeten afrikanischen „Later Stone Age adzes“ aus Hornfels (BINNEMAN und DEACON 1986).

Eine deutlich andere Ausprägung besitzen die Spuren auf der Dorsalfläche. Sie sind eher „krumpelig“ und stumpf, besser miteinander verbunden und greifen auch auf die tieferen Bereiche der Mikrotopografie über. Teilweise erscheinen sie strahlig orientiert, was indes auch von der Kristallstruktur des Gesteins abhängig sein dürfte. Ohne eine weitere Spezifizierung der Art des Kontaktmaterials vorzunehmen, dürfte die Herkunft dieser Polituren von einem Kontakt mit einem weichen Material herrühren; sie steht auf jeden Fall im

Gegensatz zur „harten“ Politur der Ventralfläche (Abb. 3.7).

Fazit

Neben Zurichtungs- und Gebrauchsspuren erbrachte die High Power Analyse der Dechselklinge aus Erkelenz-Kückhoven zusätzlich auch Hinweise auf die ehemalige Schäftung des Artefaktes. Danach bestand mit aller Wahrscheinlichkeit die Kontaktstelle des Schaftes aus Holz. Auf diesem Schaft, z.B. einem Knieholm, lag die Klinge mit ihrer Ventralfläche auf. Da diese sich zum Nacken hin leicht aufwölbt, bestand in dieser Zone kein direkter Kontakt mit dem Schaft. Nur so ist zu erklären, daß hier entsprechende Holz-Polituren fehlen.

Dorsal und an den Flächen der Seitenkanten treten demgegenüber Gebrauchspolituren auf, die von einem weichen und sich dem Stein anschmiegenden Material herrühren. Es liegt somit nahe, hierin Spuren einer ehemaligen Schnurbinding der Dechselklinge zu sehen. Zum Nacken hin muß jedoch der Schaft - allem Anschein nach durch eine Fütterung aus Fell, Leder oder einem sonstigen weichen Material getrennt - am Artefakt angelegen haben (Abb. 3.8). Ein Zwischenfutter aus Holz oder Geweih läßt sich durch entsprechende Spuren nicht belegen.

Sicher bleibt für die Zukunft noch Raum für verschiedene Überlegungen zur Schaftform; die eigentliche Befestigung der vorliegenden Dechselklinge dürfte aber in jedem Falle mit Hilfe einer Schnurbinding erfolgt sein.

A.P.

Die einleitend geäußerte Vermutung, durch eine mikroskopische Spezialuntersuchung eventuell weitere Informationen z.B. über die Schäftungsart bzw. das Material des Schaftes zu erhalten, wurde durch die Ergebnisse der Mikrogebrauchsspurenanalyse eindrucksvoll bestätigt.

Die Frage nach der Schäftungsart und da-

mit auch der Bindebefestigung von Dechselklingen wird seit langem diskutiert; gleichwohl finden sich in der Literatur erstaunlich wenige Hinweise hierzu. Sie sollen im folgenden vorgestellt werden.

Hinweise zu Schnurbindingen an Querbeilklingen

Bisher konnten lediglich vier Hinweise auf Schnurbindingen an Dechselklingen in der Literatur gefunden werden.⁷

Der „Schuhleistenkeil“ aus Leubingen

Behrens bzw. Hennig erwähnen einen „Schuhleistenkeil“ aus dem frühbronzezeitlichen Fürstengrab von Leubingen, der „anklebende Spuren“ einer Riemen-schnürung aufgewiesen haben soll (BEHRENS 1957,54; HENNIG 1965,98, HÖFER 1906, 8). Diese Spuren waren derart gut erkennbar, daß der Ausgräber sogar eine Zeichnung davon anfertigen konnte; leider vergaß er, ihre genaue Position auf dem Stück in seinem Bericht anzugeben. Auffällig ist, daß es sich hierbei um eine frühneolithische Steingeräteform handelt; gleichwohl sind Steinartefakte aus Gräbern dieser Zeit keine ungewöhnlichen Beigaben; sie werden als mögliches „Würdeabzeichen“ der Bestatteten gedeutet (WALTER 1989, 88f.).

Die Dechselklinge aus Krosigk

Eine schmal-hohe Dechselklinge stammt aus Krosigk, Saalkreis. Da weitere Angaben zur Herkunft - leider auch zum Rohmaterial des Stückes - fehlen, handelt es sich wahrscheinlich um einen Einzelfund. Es dürfte sich jedoch mit gewisser Wahrscheinlichkeit um eine bandkeramische Dechselklinge handeln, zumal aus Krosigk Siedlungsspuren der ältesten Lini- enbandkeramik bekannt sind (KAUFMANN 1989,71, Anm. 6). Auf der Zeichnung dieses Artefaktes (Abb. 4) sind in der Mitte der Dorsalfläche auf der linken Seite (in

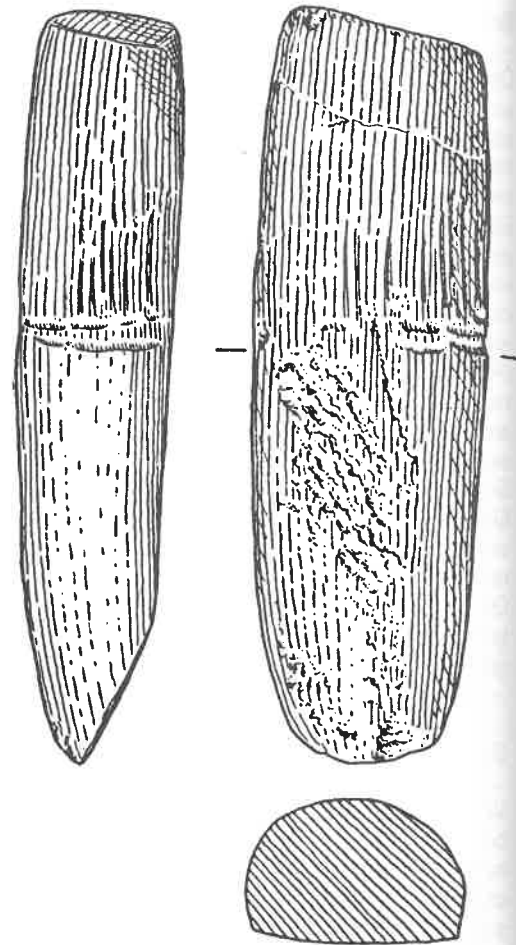


Abb. 4: Dechselklinge aus Krosigk (aus HENNIG 1961)

Schlagrichtung) und auf dem Rücken „Schnurabdrücke“ zu erkennen.⁹ Sie verlaufen im rechten Winkel zur Längsachse. Die linksseitigen „Abdrücke“ bestehen aus einer Folge kurzer, leicht unterbrochener Einzelspuren und bilden hier eine parallel verlaufende Doppelreihe, die auf dem Rücken in einem kurzen „Abdruck“ endet. Merkwürdigerweise ist die Doppelreihe auf der Fototafel nicht zu erkennen; hier sieht man an derselben Stelle lediglich eine länglich-ovale konkave Rille (HENNIG 1965, 100, Abb. 2; Tafel 51).

Wenig verständlich bleibt auch die weitere Beschreibung „... sind die zum Nacken

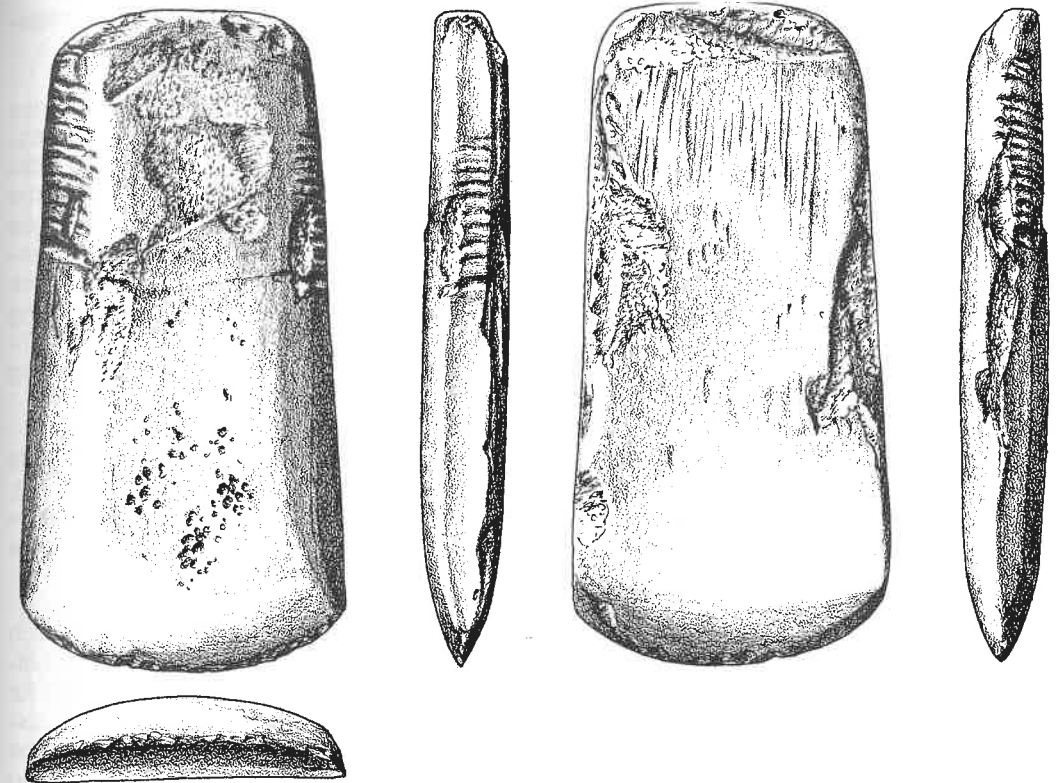


Abb. 5: Dechselklinge aus Burgtonna

verlaufenden länglichen Eindrücke ... auf der ganzen hinteren Steinoberfläche zu erkennen, während nur ein Schnurabdruck an der vorderen Begrenzung dieser Längsspuren zu erkennen ist“ (HENNIG 1965, 100). Es ist unklar, welche Art von „Eindrücken“ der Autor meint. Auf der Zeichnung sind zwischen Nacken und „Schnurabdrücken“ im beschriebenen Abschnitt der Dorsalfläche unterschiedlich lange, parallele Schraffuren erkennbar. Es scheint, als habe Hennig hier Kratzspuren erkannt, ohne diese jedoch näher zu beschreiben.

Neben diesen „Eindrücken“ sind es insbesondere die fehlenden weiteren Binde-spuren in Nackenrichtung, die den Autor zu der Feststellung veranlassen „Das Steingerät muß demnach in einer Steckschäftung aus Holz oder in einem Horn-zwischenfutter gesessen haben und war vorn mit einer Schnurauflage begrenzt“

(HENNIG 1965, 100). Diese Schnurauflage sollte nach Ansicht Hennigs der Dechselklinge einen sicheren Halt im Schaft verleihen.

Eine Zusammenschau dieser gelegentlich unverständlichen Beschreibungen der Schäftungsspuren lassen die Annahme einer Steckschäftung mit Bindsicherung doch reichlich gewagt erscheinen.¹⁰ Eine zukünftige Mikrogebrauchsspurenanalyse könnte vielleicht präzisere Informationen zur Schäftung dieser zweifellos bemerkenswerten Dechselklinge liefern.

Die Dechselklinge aus Burgtonna

Der mit Abstand eindrucksvollste Beleg für eine Schnurbinding findet sich auf einer Dechselklinge aus Burgtonna, Kr. Bad Langensalza. Nach den Unterlagen des Mu-

seums Gotha handelt es sich bei diesem Stück um einen Oberflächenfund ohne weitere Angaben zu den Fundumständen.¹¹ Das Exemplar wird folgerichtig nicht genauer datiert, sondern lediglich als „neolithisch“ angesprochen. Aus morphologischer Sicht spricht indes nichts gegen ein bandkeramisches Alter. Das Material der Beilklinge wird als Kieselschiefer angesprochen; sie besitzt einen leicht trapezförmigen Umriß und einen flach-D-förmigen Querschnitt.

Sowohl auf der Zeichnung (Abb. 5), als auch auf der Fototafel fallen sofort die von Hennig erneut als „Schnurabdrücke“¹² bezeichneten Bindschürfen auf (HENNIG 1961, 99, Abb. 1; Taf. 50). Sie verlaufen „... im hinteren Drittel der beiden Schmalseiten des Steins. Man sieht deutlich abwechselnd starke und schwache Eintiefungen, die von einer gedrehten Schnur herrühren. Auf einer Länge von 4,5 cm sind etwa 15 Umwicklungen zu erkennen. Die äußere Wicklung zur Schneide hin muß stärker gewesen sein, wie der breitere und tiefere Eindruck zeigt. Nach dem Verlauf der Eintiefung war diese äußere Schnur etwas nach vorn verschoben. Der Rücken ist frei von solchen Marken“ (HENNIG 1961, 98).

Durch die Ausprägung, Orientierung und Lage der Spuren kann in diesem Falle nicht der geringste Zweifel bestehen, daß diese Dechselklinge durch eine Bindung auf dem Schaft befestigt worden ist.

Obgleich seiner Beschreibung kaum noch etwas hinzuzufügen ist, berichtet Hennig noch von einer weiteren, im Zusammenhang mit der schon erwähnten Positionierung der Dechselklingen außerordentlich wichtigen Beobachtung. Zusätzlich zu den Bindschürfen - an sich schon völlig ausreichend zur präzisen Bestimmung der Positionierung - fielen dem Autor auf, „daß auf der Unterseite des Steins Negativspuren einer Holzmaserung zu sehen sind. Diese verlaufen aber längs vom Nacken zur Schneide, ...“ (HENNIG 1961, 99). Die Entstehung dieser Spuren wird ebenfalls auf

die Einwirkung von Bodensäure zurückgeführt.

Dem freundlichen Entgegenkommen des Kollegen T. Huck, Museum Schloß Friedenstein in Gotha, verdanken wir die Möglichkeit, diese Dechselklinge ebenfalls einer detaillierten Mikrogebrauchsspurenanalyse unterziehen zu können. Die Analyse erbrachte gewisse Unterschiede im Hinblick auf das Rohmaterial und die Entstehung der Wicklungsspuren; gravierende Modifikationen der Beobachtungen von Hennig sind jedoch nicht erforderlich.¹³

Damit finden die Beobachtungen Pawliks an der morphologisch vergleichbaren, zweifelsfrei bandkeramisch datierten Dechselklinge aus Erkelenz-Kückhoven, eine willkommene Bestätigung.

Die an beiden Exemplaren makroskopisch und mikroskopisch erkennbaren Schäftungsspuren liefern ein beredtes Zeugnis für die Positionierung breit-flacher Dechselklingen. Danach lagen die Exemplare mit ihrer Ventralfläche auf dem entsprechend ausgeformten Ende des Beilschaftes und wurden in dieser Position mit einer Schnurbindung gesichert.

Die Dechselklinge aus Satec

Ein weiteres Beispiel für außergewöhnliche, allerdings nur makroskopisch erkannte Schäftungsspuren stellt eine Dechselklinge aus Böhmen dar. Nach Angaben von I. Pleinerova stammt das Exemplar aus dem Museum in Satec; es liegen keine weiteren Informationen vor, weshalb auch dieses Stück als Oberflächenfund ohne weitere kulturelle Einbindung anzusprechen ist.¹⁴

Es handelt sich um eine schmal-hohe Dechselklinge aus unbestimmtem Gestein, die als nicht näher zuweisbares Fundstück zur Verwendung für praktisch-experimentelle Versuche bei der Holzbearbeitung bestimmt war (Abb. 6).

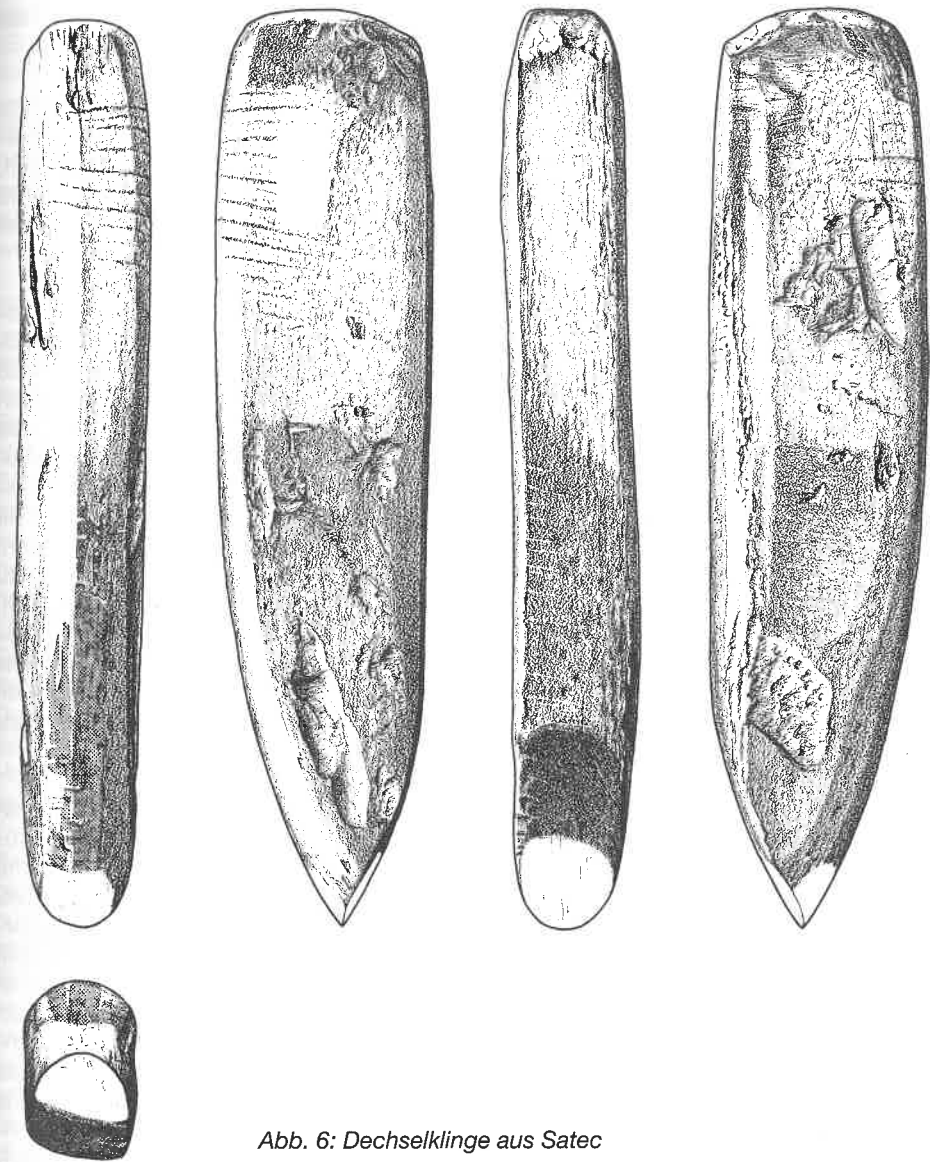


Abb. 6: Dechselklinge aus Satec

Neben einem außerordentlich intensiven Glanz auf den höchsten Partien der vorderen Hälfte der Dorsalfläche und der ventralen aufgewippten Schneidenfacette fällt sofort eine unterschiedlich intensive Farbgebung auf - ein vorderer dunklerer und ein hinterer hellerer Abschnitt - die das Stück in annähernd zwei gleiche Hälften teilt. Die weißen Partien im Schneidenbereich sind durch rezente Nachschärfung

entstanden; die rechteckige weiße Fläche auf der linken Breitseite kurz vor dem Nacken kennzeichnet die Position des Aufklebers mit der Inventarnummer des Museums.

Besondere Bedeutung kommt nun den auf der hinteren Hälfte deutlich erkennbaren, quer zur Längsachse des Stückes parallel verlaufenden, linearen Spuren zu. Sie sind

auf der linken Breitseite der Dechselklinge am besten ausgeprägt; hier erkennt man insgesamt 13 Linien, von denen sich zehn über die stark gewölbte Dorsalfläche erstrecken. Lediglich drei dieser Linien lassen sich bis auf die gegenüberliegende rechte Breitseite verfolgen. Es liegt nahe, diese Spuren ebenfalls als Hinweis auf eine Schnurbindung zu interpretieren. Im Gegensatz zu den eindeutig konkav ausgeprägten Schnurspuren auf der Beilklinge von Burgtonna geben sich die Linien am vorliegenden Stück jedoch ausschließlich durch eine unterschiedliche Färbung der Oberfläche zu erkennen. Es fällt nun auf, daß sich die Schnurspuren nicht vom Rücken über die gesamte Fläche beider Breitseiten in Richtung der Ventralfläche erstrecken; sie enden jeweils etwa auf halber Höhe des Artefaktes.

Eine „Schuhleistenförmige Hacke aus Thüringen“

Schließlich sei noch eine Beobachtung erwähnt, die Verworn anlässlich eines Vortrages im Jahre 1911 der Öffentlichkeit bekanntmachte. Nach seinen Worten konnte „An einer schuhleistenförmigen Hacke aus Thüringen ... der Vortragende sogar noch die eingeriebenen Schleifspuren der Schnüre auf der gewölbten Oberseite erkennen, die auf dem harten schwarzen Kieselschiefer glänzend hervortreten“ (VERWORN 1911, 49). Tatsächlich kann man sich des Eindruckes nicht erwehren, daß es sich bei dem erwähnten Artefakt eventuell um die Dechselklinge aus Burgtonna handeln könnte. Dies ist jedoch unmöglich, denn nach den Unterlagen des Museums Gotha wurde das Exemplar erst 1940 gefunden. Immerhin läßt die Mitteilung von Verworn den Schluß zu, daß eventuell in einem Museum oder einer Privatsammlung in Thüringen noch eine weitere Dechselklinge aufbewahrt wird, die allem Anschein nach ebenfalls Bindespuren aufweist, zweifellos eine Herausforderung an den gelegentlich schon kriminologischen Spürsinn der Archäologen.

Zur Parallelschäftung von altneolithischen Dechselklingen

Obwohl seit langem hinreichende Belege für das Prinzip der Querschäftung bandkeramischer Dechselklingen bekannt sind, erliegen immer wieder Archäologen und Experimentatoren dem Reiz der Idee einer Parallelschäftung.

Diese Idee ist vor dem Hintergrund ergologischer Überlegungen durchaus verständlich. Es kann also nicht verwundern, daß bereits Hennig aufgrund seiner praktischen Versuche u.a. einen „Schuhleistenkeil“ als „Beil mit senkrechter Schneide“ rekonstruiert, allerdings nach wie vor in einem Knieholm geschäftet (HENNIG 1959). Er stellt fest, daß das Gerät „zum Holzhacken, Ästeabschlagen und Holzkerben gut zu gebrauchen“ war (HENNIG 1961, 216). Eine derart subjektive Feststellung ist gewiß nicht geeignet, die Existenz dieser Schäftungsart für die fraglichen Beilklingen zur bandkeramischen Zeit glaubhaft zu machen.

Erst kürzlich wurden in zwei bemerkenswerten Beiträgen die Ergebnisse praktischer Versuche zur Holzbearbeitung mit Nachbildungen bandkeramischer Dechselklingen in verschiedenen Schäftungsformen vorgestellt (BÖHM und PLEYER 1990; PLEYER 1991). Neben der klassischen Querschäftung diskutieren die Autoren auch die Verwendung breit-flacher Dechselklingen - hier „Flachbeile“ genannt - als Einsätze für Parallelbeile. Eine solche Schäftung wäre als direkte Stangenholmschäftung zu bezeichnen (WINIGER 1981a, 162f.). Beide Autoren versuchen nun, diese Schäftungsart anhand der Ergebnisse ihrer Experimente glaubhaft zu machen. Aus gegebenem Anlaß sollen Vorgehensweise der Experimentatoren und Ergebnis ihrer Experimente hier diskutiert werden.

Die Autoren unterscheiden zwischen „Schuhleistenkeilen“ und „Flachbeilen“. Nach ihrer Definition haben „Flachbeile ... einen ebenfalls D-förmigen, aber flachge-

drückten asymmetrischen Querschnitt (Breite erheblich höher als Höhe). Die Ausformung von Ober- und Unterseite gleicht jener der Schuhleistenkeile“ (BÖHM und PLEYER 1990, 257). Dies erlaubt die Annahme, daß beide Autoren auch die Dechselklingen von Burgtonna und Erkelenz-Kückhoven als „Flachbeile“ bezeichnen würden.

Weiterhin stellen Boehm und Pleyer als Begründung für ihre Parallelschäftung fest „Ein Fällbeil in der eingangs bestimmten Definition, erfordert prinzipiell eine breitere Schneide und eine relativ schlanke Beilklinge. Diese Voraussetzungen kann ein Schuhleistenkeil nicht erfüllen; ein Flachbeil entspricht diesen Anforderungen erheblich besser. Dabei spricht die Praxis der Schlagführung beim Fällen für eine Anordnung von Schneide und Holm in einer Linie“ (BÖHM und PLEYER 1990, 260). Danach darf den Autoren unterstellt werden, daß sie für beide „Flachbeile“ aus Burgtonna und Erkelenz-Kückhoven ebenfalls eine „Anordnung von Schneide und Holm in einer Linie“, d.h. eine Parallelschäftung annehmen würden.

Zweifellos kommt der vorstehenden Begründung der Parallelschäftung für die Planung und Durchführung der Experimente eine besondere Bedeutung zu. Sie ist allerdings nach unserer Ansicht fragwürdig, wenn nicht methodisch unzulässig. Es ist unbestritten, daß „Schuhleistenkeile“ in aller Regel schmalere Schneiden als „Flachbeile“ haben. Sagt das aber a priori etwas über ihre Verwendungsmöglichkeit als „Fällbeil“ aus? Genau dies gelte es aber z.B. zu testen. Die unvoreingenommene Frage müßte vielmehr lauten: Kann man (auch) mit einem „Schuhleistenkeil“ einen Baum fällen?¹⁵

Allem Anschein nach haben sich die Autoren diese Möglichkeit nicht offengelassen, indem sie mit dem fragwürdigen Argument einer „Praxis der Schlagführung beim Fällen“ aufwarten. Freilich, welche Praxis ist gemeint? Da die - eventuell erst durch Experimente zu erschließende - Fällpraxis der

Bandkeramik unbekannt ist, kann hiermit nur die heute gebräuchliche Schlagführung gemeint sein. Auf dieser Basis entscheiden sich beide Autoren schließlich zur Annahme einer Parallelschäftung. Diese Vorgehensweise engt aber von vornherein den Spielraum der Experimente ein; sie läßt die naheliegende Alternative, die Querschäftung von „Flachbeilen“ und ihre experimentelle Überprüfung, z.B. beim Baumfällen oder anderen Holzarbeiten gar nicht erst zu.

Als weiterer Grund für die Annahme einer Parallelschäftung, wird z.B. angeführt „Die Schäftung des Flachbeiles im Knieholm ist zwar möglich, für begrenzte Anwendungsbereiche mit geringer Beanspruchung auch praxistauglich, nicht jedoch für die hohe Belastung beim Fällen“ (BÖHM und PLEYER 1990, 260). Der Leser würde nun Belege für diese Behauptung, z.B. anhand praktischer Experimente, gewiß mit Interesse honorieren; gleichwohl finden sie sich im genannten Beitrag nicht. Schließlich sei noch ein Argument der Autoren für die Parallelschäftung erwähnt, das mit der „Praxis der Schlagführung“ zusammenhängt. Nach ihrer Ansicht erlaubt nämlich diese Schlagführung „... ein Fällen ab der Wurzel in jeder gewünschten Höhe und damit eine wirtschaftliche Ausnutzung des Holzes, während eine Anordnung der Schneide quer zum Holm das Fällen knapp über der Wurzel kaum zuläßt.“ (BÖHM und PLEYER 1990, 260). Der Logik dieser Aussage vermag man sich kaum zu verschließen. Nur, läßt sich diese Aussage auch auf eine doch nur zu vermutende und prinzipiell unbekannte „ökonomische“ Verhaltensweise bandkeramischer Bauern übertragen?¹⁶

Hier sei auf das Zitat von J. Malina im Vorsatz dieses Beitrages und die daraus resultierende, für alle Experimentatoren gleichermaßen geltende Forderung verwiesen. Natürlich ist es nicht leicht, sich vom modernen Ballast technologisch-ergologischer Kenntnisse am Ende des 20. Jahrhunderts zu lösen; trotzdem sollte man wenigstens versuchen, als „heutige Experimentatoren unsere modernen Verhaltens-

weisen und Ansichten auf ein Minimum zu reduzieren“ (sinngemäß nach MALINA 1983).

Ergänzend schließt sich hier das ebenfalls vorangestellte Zitat von J. Coles an: „Um die Funktion prähistorischer Objekte überprüfen zu können, müssen die modernen Nachbildungen auf jeden Fall in einer angemessenen Art und Weise hergestellt werden. Der tatsächliche Umgang mit derartigen Nachbildungen erfordert indes doch mehr Denken als ungeschulte freiwillige Arbeit bei der Durchführung von Experimenten voraussichtlich beizutragen vermög“ (sinngemäß nach COLES 1979).

Nach der bislang vorgetragenen Argumentationskette von Boehm und Pleyer wundert es nicht, wenn diese zu dem Ergebnis kommen: „Die einfachste Lösung des Problems ist eine Schäftung des Flachbeiles mit der Schneide parallel zum Holm“ (BÖHM und PLEYER 1990, 260). An dieser Stelle sei die Frage erlaubt, ob das, was uns heute einfach erscheint, zur bandkeramischen Zeit ebenfalls als die praktikabelste Lösung angesehen worden ist. Gewiß ist es nicht die Aufgabe der Experimentellen Archäologie, die einfachste Lösung zu suchen; gesucht wird vielmehr eine wahrscheinliche Lösung!

Abschließend sei noch eine Beobachtung beider Autoren erwähnt, die im Zusammenhang mit der Positionierung der Dechselklingen von Interesse ist. Sie stellen fest „Bei einem parallel geschäfteten Fällbeil ist die Asymmetrie des Längsprofils von Bedeutung. Die Versuche zeigen, daß die gewölbte Fläche des Beiles beim Schlag zum Stamm gerichtet sein muß. Dies bedeutet, daß für Links- und Rechtshänder spezifische Ausführungen der Parallelschäftung anzunehmen sind“ (BÖHM und PLEYER 1990, 260.). In deutlichem Widerspruch hierzu steht die Feststellung von Pleyer, „...daß die Schlagrichtung unwichtig ist, d.h. die gewölbte Seite des asymmetrisch geschliffenen Beiles muß nicht wie angenommen mit der Wölbung zum Holz zeigen, sondern kann auch mit der flach ge-

schliffenen Seite zum Holz ausgerichtet sein, um einen Span abzutrennen“ (PLEYER 1991, 229).

Wie schon weiter oben erläutert, lassen bereits die Ausführungen von Semenov eindeutig den Schluß zu, daß es eben nicht egal ist, welche Breitfläche von Dechselklingen zum Werkstoff weist, auch dann nicht, wenn der subjektive Eindruck eines zweifellos engagierten Experimentators das Gegenteil nahelegt.

Aufgrund der erkannten und beschriebenen Positionierung und Befestigungsart dieses Beilklingentyps ergibt sich folgendes Fazit: Solange keine andersartigen Schäftungsspuren an weiteren „Flachbeilen“ vorgestellt werden, entbehrt die von BÖHM und PLEYER (1990) vorgeschlagene Parallelschäftung mit einfacher Steckbefestigung für flache Dechselklingen jeglicher Grundlage und ist abzulehnen. Das Problem einer „spezifischen Ausführung der Parallelschäftung ...für Links- und Rechtshänder“ ist somit gegenstandslos.

Überlegungen zur Herstellung bandkeramischer Querbeile

Manche, zum Teil über Jahrzehnte kontrovers diskutierte Fragen zum Thema bandkeramischer Dechsel(klingen) haben mittlerweile als zufriedenstellend beantwortet zu gelten:

1. Dechsel(klingen) sind zum alleinigen Zwecke unterschiedlichster Holzbearbeitung verwendet worden.¹⁷

2. Alle bisherigen Erkenntnisse deuten auf die ausschließliche Verwendung von Holz zur Herstellung der Schäfte hin.¹⁸

3. Es kann kein ernsthafter Zweifel mehr an der Positionierung der Dechselklingen im Schaft bestehen; daraus folgt, daß eine Parallelschäftung nicht existierte.¹⁹

4. Mit guten Gründen - und dies gilt vermutlich für die überwiegende Anzahl der Dechselklingen unterschiedlichster Form und Größe - ist die exklusive Verwendung von Knieholmen als Grundform der Querbeilschäfte anzunehmen.²⁰

Diese Aufzählung ist nunmehr nach den hier vorgetragenen makroskopisch und mikroskopisch erkannten Hinweisen von Bindespuren an Dechselklingen um eine weitere Feststellung zu ergänzen:

5. Sowohl schmal-hohe als auch breit-flache Dechselklingen waren am Schaftende durch eine Schnurbinding fixiert.

Diese auf das Wesentliche reduzierte Zusammenstellung des heutigen Kenntnisstandes dient im folgenden als Basis für den Versuch, auf induktivem Wege Idealtypen bandkeramischer Dechselschäfte zu erschließen.

In diesem Zusammenhang wird vorerst die Möglichkeit der Existenz von Zwischenstücken zur Aufnahme der Dechselklingen nicht weiterverfolgt. Ebenso werden die durchlochten flachen und hohen Dechselklingen in die folgenden Betrachtung nicht eingeschlossen.²¹

Unter Berücksichtigung der funktionsabhängigen Hauptmerkmale des angestrebten Beiltyps lassen sich nach Winiger „kurze“ bzw. „lange Querbeile“ unterscheiden; die konstruktionsabhängigen Merkmale - unter Vernachlässigung eines Zwischenstückes - führen zu der Bezeichnung „direkte Knieholmschäftung“ (WINIGER 1981a, 162f.).

Auswahl des Schaftmaterials und Gewinnung des Schaftrohlings

Als natürliche Grundform für Knieholme bieten sich entsprechend dimensionierte Stammabschnitte mit einem hiervon im gewünschten Winkel abzweigenden Ast an. Dieser Winkel wird sich nach Form und

Größe der Dechselklinge und der daraus resultierenden Schäftung gerichtet haben und entsprechend variabel gewesen sein. Die Winkel an Dechseln aus Neu Guinea schwanken zwischen ca. 45° und ca. 80° (BLACKWOOD 1964, 25, Fig. 6). Man wird vermutlich nicht fehlgehen, für die bandkeramischen Dechsel eine Schwankungsbreite zwischen 45° und 90° anzunehmen. Von großer Bedeutung ist die Auswahl der geeigneten Holzart. Nicht umsonst werden Axt- und Beilstiele heute noch aus Eschenholz bzw. vergleichbaren nichtheimischen Holzarten hergestellt. Eschenholz ist hart, zäh und vor allem elastisch.²² Es ist gewiß nicht übertrieben, den bandkeramischen Menschen die Kenntnis sämtlicher Eigenschaften der ihnen zur Verfügung stehenden Rohmaterialien zu unterstellen. Somit ist davon auszugehen, daß sie auch die zur Herstellung von Beilschäften am besten geeigneten Holzarten auszuwählen vermochten.²³

Neben den erforderlichen Eigenschaften der Holzarten dürfte jedoch auch noch eine weitere Bedingung für die Holzauswahl eine nicht zu unterschätzende Rolle gespielt haben. Es handelt sich um ein bestimmtes Wuchsmerkmal, d.h. die möglichst symmetrische Ausbildung der Astgabel im Hinblick auf die Position des Astes bezogen auf den Stammabschnitt. Wie eigene, praktische Erfahrung gelehrt hat, ist es nämlich für die zufriedenstellende Handhabung nicht unwichtig, daß der angenommene Griffteil (Ast) in derselben Symmetrieebene wie das spätere Schäftungsende (Stammabschnitt) liegt. Im Idealfalle läßt sich die Wuchsrichtung des Astes - von unten oder oben gesehen - exakt auf die Mittellinie des angrenzenden Stammabschnittes projizieren. Ist dies nicht der Fall, d.h. schwenkt der Ast horizontal aus der Symmetrieebene, so ist die spätere Handhabung des Gerätes beeinträchtigt. Dies mag bei der Auswahl von Schaftholzern für kurze Querbeile eventuell weniger gravierend sein; geht man aber davon aus, daß lange Querbeile, z.B. Fällbeile, beidhändig geführt worden sind, dann ist die Berücksichtigung dieses

Wuchsmerkmale ebenfalls ausschlaggebend für die Holz Auswahl.

Als potentielle Schafthölzer kommen sowohl Baum- als auch Strauchholzarten in Betracht. Aus dem bekannten Spektrum bandkeramischer Baumhölzer wären dies Ahorn, Birke, Buche, Eberesche, Eiche, Esche, Kiefer, Linde, Pappel, Ulme, Vogelkirsche, Weide und Wildobstarten. Strauchholzarten sind u. a. durch Hasel, Kreuzdorn, Schlehe, und Weißdorn belegt (CASTELLETTI 1988; HEIM und JADIN 1991; KNÖRZER 1988; KREUZ 1988; 1990; OPRAVIL 1972).

Unter Berücksichtigung der gewünschten Eigenschaften - Härte, Zähigkeit und Elastizität sowie Wuchssymmetrie - dürften bestimmte Holzarten in aller Regel nicht bzw. kaum ausgewählt worden sein. Es sind dies Birke, Buche, Hasel, Holunder, Kiefer, Kreuzdorn, Pappel, Schlehe, Weide, Weißdorn sowie Wildobstarten. Andererseits ist fallweise damit zu rechnen, daß zur Herstellung von kurzen Schäften, d.h. für Behaubeile, die kleine und kleinste Dechselklingen aufzunehmen und demzufolge keine größere mechanische Beanspruchung auszuhalten hatten, auch auf geeignete Astgabeln anderer Hölzer, etwa Hasel, Kreuzdorn, Schlehe und Wildobstarten zurückgegriffen worden ist.

Letztlich verbleiben als wahrscheinlichste Hauptlieferanten - insbesondere zur Herstellung mittlerer und großer Schäfte - lediglich Ahorn, Eberesche, Esche, Ulme, und Vogelkirsche. Außerdem wird man die Eiche, trotz der fehlenden Zähigkeit und ihrer relativ ungünstigen Wuchssymmetrie, eventuell sogar regional die Buche, zu dieser Gruppe zu rechnen haben.²⁴

Als weitere, sowohl von ihrer Härte und Elastizität als insbesondere auch durch ihre hervorragende Wuchssymmetrie geeignete Holzart ist die Eibe zu nennen. Sie fehlt merkwürdigerweise bislang in der hier berücksichtigten Literatur zur Holzartenuntersuchung an bandkeramischen Siedlungsplätzen.²⁵

Zurichten des Schaftrohlings für breitflache Dechselklingen

Nach der Gewinnung des Rohstückes muß dieses weiter zugerichtet werden. Als herstellungstechnisch erster Schritt dürften die Rohlinge vollständig entrindet worden sein. Dies ist jedenfalls für die größeren Holme aus zwei Gründen anzunehmen. Zum einen ist davon auszugehen, daß zur besseren Handhabung die Stiele nicht naturbelassen wurden, sondern im Querschnitt oval oder vielleicht sogar rechteckig geformt worden sind.²⁶ Zum anderen wird das eigentliche Schäftungsende zur Aufnahme der Dechselklingen sowie das gegenüberliegende Nackenende eine besondere Ausarbeitung erfahren haben müssen, was voraussetzt, daß diese Teile des Holmes auf jeden Fall zu entrinden waren.

Es ist noch unklar, welcher Teil des Rohlings - Stamm- oder Astabschnitt - als Stiel bzw. Schäftungsende bestimmt worden ist. Möglicherweise könnte die Bearbeitung der Knieholme aus Feldmeilen durch Winiger in diesem Zusammenhang einen Denkanstoß liefern. Der Autor bezieht sich auf SCHWEINGRUBER (1975) und stellt fest, daß „zumindest bei einer Formung des Schäftungsteils als Gabel, diese beim Gebrauch des Beils Gefahr läuft, gespalten zu werden. Wird eine Schäftungsgabel aus dem Stammteil geschnitzt, so ist diese Gefahr größer als im Falle der Herstellung aus dem Astteil, weil der Ast an seiner Basis vom Stammholz umwachsen wird, was ihm mehr Festigkeit gegen Spaltung gibt“. So wird verständlich, „weshalb die Knieholme mit Zapfenfortsatz regelmäßig aus dem Ast als Griffteil, dem Stamm als Schäftungsteil (Zapfen) gemacht sind, die andern Schäftungstypen (Gabeln) aber meist umgekehrt konstruiert sind“ (WINIGER 1981b, 44).²⁷

Nun stellen Querbeile einen unverzichtbaren Bestandteil des bandkeramischen Geräteinventars dar, und die Annahme liegt nahe, daß ihre Hersteller diese beson-

deren Eigenschaften der Stamm-Astholz-Verbindung ebenfalls gekannt haben.

Nach den vorliegenden Erkenntnissen ist außerdem davon auszugehen, daß die bandkeramischen Dechselklingen allem Anschein nach durch eine Schnurbindung am Schaft fixiert worden sind. Die Lage der beschriebenen Bindespuren läßt aber eine Schäftung in einer „Gabel“ oder einem „Schlitz“ aus verständlichen Gründen nicht zu.

Aus der Verknüpfung der Beobachtungen von Winiger mit der Feststellung einer Schnurbindung ergibt sich bei aller gebotenen Vorsicht die Möglichkeit, daß die bandkeramischen Beilhersteller als Stiel ihrer Querbeile den Astteil und als Schäftungsende den Stammteil des Holmrohlings ausgewählt haben könnten. Für die großen und schweren Fällbeile ist indes durchaus zu erwägen, ob nicht aus Gründen der zusätzlichen Festigkeit doch eine umgekehrte Orientierung von Stiel bzw. Schäftungsende gewählt worden ist.

Nach der Zurichtung des Stieles müssen Nacken- und Schäftungsende bearbeitet werden. Zur Ausformung des Nackenendes sind verschiedene Lösungen vorstellbar; es könnte eckig, halbrund oder spitzkegelförmig enden. Weiterhin sind spezielle Ausformungen der Oberfläche des Nackenendes, etwa in Form von Rillen, Absätzen oder sogar Löchern zu erwägen, die im Zusammenhang mit der Schnurbindung eine funktionale Rolle gespielt haben könnten.²⁸

Unabhängig von der gewählten Form des Nackenendes dürfte aber die Masse des hier zur Verfügung stehenden Holzes dem Beilhersteller eine Möglichkeit geboten haben, den Schwerpunkt des Gerätes, bezogen auf seine jeweilige Größe und den zukünftigen Einsatz, zu kontrollieren und genau festzulegen.

Schließlich erfolgt der wichtigste Arbeitsschritt, die Ausformung des Schäftungsendes. Hierbei sind zwei grundlegende Be-

dingungen zu berücksichtigen: Einmal die Morphologie der zu schäftenden Dechselklingen, d.h. breit-flache oder schmal-hohe Formen, zum zweiten die Befestigung mittels einer Schnurbindung.

Die belegte Positionierung der Dechselklingen erfordert eine möglichst gleichmäßig gearbeitete Auflagefläche, die bei einer angenommenen direkten Schäftung ohne Zwischenstück im rechten Winkel zur Schlagrichtung orientiert gewesen sein dürfte.²⁹ Die einfachste Möglichkeit der Realisierung einer Auflagefläche besteht im tangentialen Abspalten der dem Stielansatz gegenüberliegenden Außenseite des Stammteiles. Die so entstandene Fläche würde sich dann zwangsläufig über die gesamte Länge des Stammteiles, d.h. Schäftungs- und Nackenende erstrecken.

Diese Lösung ist sicher möglich, vernachlässigt aber eine für die Schäftungsfrage sehr wichtige Beobachtung im Zusammenhang mit den oben beschriebenen Schäftungsspuren. Es handelt sich um die übereinstimmend beschriebenen starken Verrundungsspuren an den Nackenflächen der Dechselklingen. Ihre Entstehung wird auf eine intensive und/oder langdauernde abrasive Wirkung eines weicheren Mediums zurückgeführt, dem eine Pufferfunktion zugesprochen wird. Freilich wird diese Erklärung erst dann verständlich, wenn man davon ausgeht, daß dieses weiche Material seine Pufferwirkung nur dann sinnvoll entfalten konnte, wenn es nicht einfach auf die Auflagefläche gelegt wurde, sondern zwischen dem Klingennacken und einem am Schäftungsende aus dem Vollen gearbeiteten Absatz quasi eingeklebt war. Daß es tatsächlich prähistorische Dechselhäfte mit „Auflagerast“ gegeben hat, lehren uns die jüngerneolithischen Exemplare z.B. aus schweizer Ufferrandsiedlungen in aller Deutlichkeit.³⁰

Hieraus ist abzuleiten, daß die Auflagefläche der bandkeramischen Querbeilholme zwar in der genannten Methode, aber lediglich über eine genau festgelegte Länge ausgearbeitet wurde. Technisch ist

dies am sinnvollsten in der Weise durchzuführen, daß zuerst das Ende der gewünschten Auflagefläche auf der Oberseite des Stammteiles markiert wurde, dann eine quer verlaufende Kerbe - sozusagen als Sollbruchstelle - bis auf die gewünschte Tiefe angebracht und schließlich das überschüssige Holzstück auf der so festgelegten Ebene horizontal abgespalten wurde. Über die Länge der Auflageflächen besitzen wir indirekt durch bestimmte Schäftungsspuren an Dechselklingen Kenntnis. Es wurde wiederholt festgestellt, daß sowohl hohe als auch flache komplette Klingen etwa zur Hälfte ihrer Länge geschäftet waren (DOHRN 1980, 69). Dies bedeutet aber zugleich, daß die gesamte Gestaltung des jeweiligen Schaftes ausschließlich auf eine ganz bestimmte zu schäftende Dechselklinge ausgerichtet war; Mehrfachverwendungen von Dechselklingen sind somit recht unwahrscheinlich, es sei denn, sie erlaubten eine weitere Anpassung an andere Klingen bzw. die neuen Klingen besaßen die Maße der vorhergehenden.

Gewiß wird die Höhe der Auflagerast nicht willkürlich gewählt worden sein. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Dorsalfläche der Dechselklingen in aller Regel zum Nacken abfällt. Es liegt auf der Hand, daß die Höhe der Rast mindestens derjenigen des Nackenendes der Dechselklingen entsprechen haben sollte. Andererseits ist eine deutlich höhere Rast unter ergologischen Gesichtspunkten nicht sinnvoll. Aus Gründen der besseren Fixierung der Dechselklingen - dies gilt insbesondere für höhere und längere Exemplare - wurde bereits vor langer Zeit vorgeschlagen, eine in diesem Falle etwas höhere Auflagerast nach innen geringfügig auszuhöhlen. Diese Vertiefung könnte sowohl das Puffermaterial als auch das Nackenende der Dechselklingen aufnehmen und auf diese Weise die Klingen zusätzlich gegen seitliche bzw. vertikale Zug- und Druckbewegungen fixieren (QUENTE 1914, 181).

Zwei weitere Arbeitsschritte sind noch erforderlich, bevor die Dechselklinge am Knieholm befestigt werden kann. Zunächst

muß die Breite der Auflagefläche derjenigen der zu schäftenden Dechselklinge angepaßt werden.

Diese Forderung gilt allerdings nur für eine Holmform, die für die Schäftung breit-flacher Dechselklingen vorgesehen ist. Das ergibt sich aus den Unterschieden der beschriebenen Bindsuren an flachen Dechselklingen (Burgtonna, Erkelenz-Kückhoven) und der schmal-hohen Klinge aus Satec. Wie auf Abb. 6 deutlich zu erkennen ist, erstrecken sich die Bindsuren bei dem Exemplar aus Burgtonna auf dessen rechter Längsseite - auf der linken Längsseite weniger gut ausgeprägt - von der Unterkante der Ventralfläche eindeutig über ca. 1 cm Länge auf die Dorsalfläche.

Dies führt zwangsläufig zu der Annahme, daß diese Klinge auf einer ebenen Auflagefläche lag, die quer verlaufende Wicklung unmittelbar an den Seiten der Auflagefläche Kontakt mit der Klinge besaß und nach oben um diese verlief. Mit anderen Worten: Die Auflagefläche war nicht breiter als diese Klinge und überdies einheitlich flach ausgebildet.

Diese nicht sonderlich aufwendige Schäftung auf einer einfachen Auflagefläche ist leicht zu erklären. Breit-flache Dechselklingen haben zum einen eine entsprechend große Kontaktfläche mit dem Schaft; sie schmiegen sich sozusagen auf der Auflagefläche an und bieten einen hohen Reibungswiderstand. Zum anderen besitzen sie einen niedrigen Schwerpunkt, was durch ihre relativ geringe Dicke bzw. Höhe bedingt wird; Dechselklingen dieser Form können nicht umkippen. Deshalb ist zu vermuten, daß die an ihren Längsseiten nur sehr kurze „aktive Bindung“ (Bereich des stärksten Anpreßdruckes der Bindung, d.h. Länge der Schnurspuren auf dem Exemplar von Burgtonna) völlig ausreichte, um die während der Arbeit auftretenden vertikalen, vor allem aber horizontalen Hebelwirkungen (Zug- bzw. Druckbeanspruchung) aufzunehmen.

Als letzter Arbeitsschritt dürfte eine zusätzliche Ausformung der Unterseite des Schäftungsendes vorgenommen worden

sein. Dies ergibt sich aus der Art der angenommenen Schnurwicklung. Wie zahlreiche eigene Schäftungsversuche an Querbeilholmen ergeben haben, ist es nicht sinnvoll eine Wicklung ohne eine zusätzliche Schäftungshilfe anzubringen. Hierzu wird die gesamte Oberfläche der Unterseite des Schäftungsendes zumindest um die Dicke einer einfachen Wicklung reduziert; ausgenommen hiervon bleibt lediglich eine schmale Zone von vielleicht einen cm Breite an der unmittelbaren Kante des Schäftungsendes, wodurch in diesem Bereich ein halbrund verlaufender Wulst entsteht. Er verhindert, daß während der Arbeit durch die resultierenden gegenläufigen Kräfte sich die Schnurwicklung nach vorne verschiebt und auf diese Weise lockert. Schäftungshilfen dieser Art sind von zahlreichen steinzeitlichen und völkerkundlichen Beilformen aus Holz und Geweih bekannt.³¹

Jetzt ist lediglich erforderlich, die Dechselklinge mit dem nackenseitigen Abschnitt der Ventralfläche auf die Auflagefläche zu legen, ein „Puffermaterial“ zwischen Auflagerast und Klingennacken einzubringen und schließlich die Klinge fest gegen die Auflagerast bzw. in die dort befindliche Höhlung zu pressen. Nun wird das Ganze durch eine feste und engumlaufende Schnurwicklung befestigt. Ob hierbei eine zusätzliche Fixierung der Klingen durch Birkenpech als Klebemittel vorgenommen wurde, ist unwahrscheinlich.³² Entsprechende Hinweise in Form von an den Dechselklingen anhaftenden Resten von Birkenpech sind bislang an bandkeramischen Exemplaren nicht bekannt geworden. Die wichtigste Beobachtung, die gegen eine Birkenpechklebung spricht, besteht im Vorkommen von Glanz- bzw. Verrundungszonen im Schäftungsbereich. Es wird angenommen, daß diese Spuren nur entstehen können, wenn sich die Dechselklingen während der Arbeit am Schaft minimal bewegen konnten, was bei einer Fixierung mit Klebstoff kaum möglich gewesen sein dürfte (DOHRN-IHMIG 1981, 10). Unter der Voraussetzung, daß die Schnurwicklung mit der notwendigen Sorgfalt er-

folgt ist - woran kein Zweifel bestehen kann - besteht keine Notwendigkeit zu einer solchen Sicherung.

Es wird vorgeschlagen, diese natürlich hypothetische Knieholmform zur Schäftung breit-flacher Dechselklingen als „Idealtyp I“ bandkeramischer Dechselholme zu bezeichnen (Abb. 7 A). Dieser Idealtyp dürfte prinzipiell die Schäftung aller breit-flachen Dechselklingen aus Felsgestein und Knochen³³ ermöglicht haben und somit als Standardtyp zur Aufnahme dieser Klingensform betrachtet werden.

Zwar ist die Bandbreite der Verwendung von Geräten des Idealtyps I noch unbekannt. Je nach Größe der Dechselklingen wird man vermutlich nicht fehlgehen in der Annahme, daß sie für einfachere, leichte bis mittlere Holzarbeiten unterschiedlichster Aufgabenstellung eingesetzt worden sind, z.B. flächiges Bearbeiten größerer Werkhölzer, aber auch feinerer Schnitzarbeiten, wie etwa die Herstellung von Holzgefäßen³⁴ unterschiedlichster Form und Größe oder das Zurichten von Bogenstäben.³⁵

Knieholme für schmal-hohe Dechselklingen

Nun besteht noch die Aufgabe, für die Gruppe der schmal-hohen Dechselklingen eine sinnvolle Knieholmform zu erschließen. Hierbei ist ebenfalls die zu vermutende Verwendungsart der fertigen Geräte zu berücksichtigen. So ist für die massiven, schmal-hohen Klingen - jedenfalls für die mittleren bis großen Exemplare - ein Einsatz für schwere bis schwerste, mit sehr starken mechanischen Belastungen für die Klingen verbundenen Holzarbeiten, also beim Baumfällen, Entasten, Ablängen, Spalten, Anbringen von Aussparungen und Löchern u.ä., anzunehmen (DOHRN-IHMIG 1983, 76).

Große und schwere schmal-hohe Dechselklingen und die vermutete Verwendungsart erfordern selbstverständlich nicht nur entsprechend dimensionierte Knieholme, sondern auch eine besonders sichere und

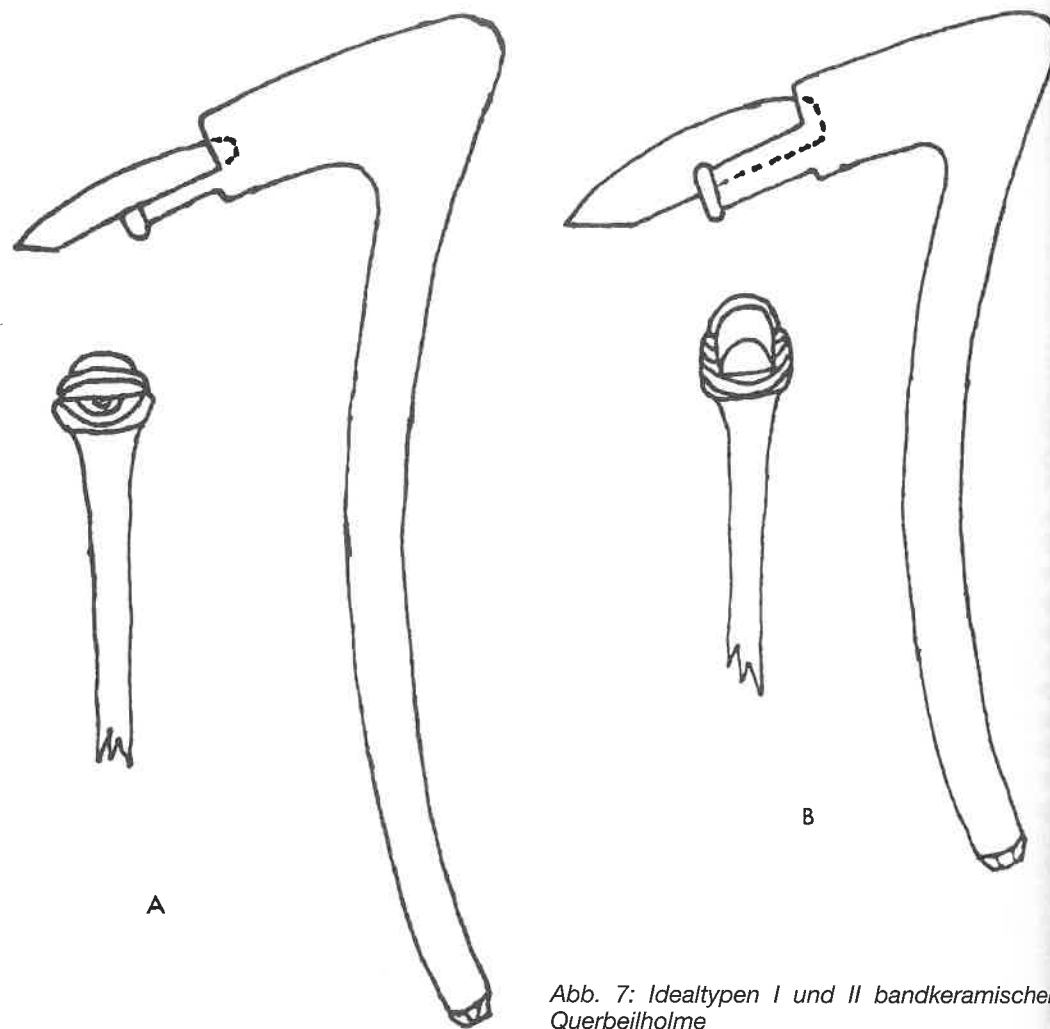


Abb. 7: Idealtypen I und II bandkeramischer Querbeilholme

festen Verbindung von Klinge und Holm. Makroskopisch erkannte und beschriebene Schäftungsspuren an entsprechenden Klingeformen legen dies nahe (DOHRN-IHMIG 1983). Aus diesen Gründen wird eine jüngst vorgestellte Steckschäftung in elegant geformten Knie-, alternativ sogar in eigenwillig und nicht minder elegant geformten Keulenhölmern, verständlich, wobei nach Ansicht der Autoren dieser Gerätetyp für Fällarbeiten ungeeignet sein soll (BÖHM und PLEYER 1990; PLEYER 1991).

Die Bindespuren auf der Dechselklinge aus

Satec lassen eine Steckschäftung jedoch nicht zu. Es stellt sich also die Frage, wie im Falle der vermuteten ausschließlichen Sicherung mittels einer Schnurbindung trotzdem eine sichere Fixierung der schmal-hohen Klingen erfolgt sein könnte.

Aus technologischen und funktionalen Gründen sollte die gesuchte Knieholmform in wesentlichen Merkmalen mit dem vorstehend beschriebenen Idealtyp I übereinstimmen. Die wichtigste Modifikation wird durch die an dem Exemplar aus Satec erkannten Bindespuren angeregt. Sie verlaufen auf der Dorsalfläche jeweils etwa von

der mittleren Höhe einer Breitseite über die stark gewölbte Dorsalfläche auf die Gegenseite und enden dort ebenfalls auf mittlerer Höhe (Abb. 6). Diese Beobachtung legt den Schluß nahe, daß die umlaufende Schnurbindung an der unteren Hälfte der Breitseiten keinen Kontakt mit der Dechselklinge besaß. Es liegt nahe, hierin einen Hinweis auf eine besondere Ausgestaltung des eigentlichen Schäftungsteiles am Ende des Knieholmes zu sehen.

Als sinnvolle Umsetzung dieser Beobachtung bietet es sich an, zusätzlich zu der bereits bekannten Auflagefläche noch zwei aus dem Vollen gearbeitete seitliche Wangen anzunehmen. Dies macht einen Sinn, wenn man sich vor Augen hält, daß bei den angenommenen Verwendungsarten die Dechselklingen über die Maßen starken mechanischen Belastungen ausgesetzt sind. Eine besondere Schwachstelle ist dabei naturgemäß die Verbindung zwischen Klinge und Holm, d.h. die Bindung. Nun besitzen die schmal-hohen Dechselklingen in aller Regel einen deutlich höheren Schwerpunkt als die breit-flachen. Bedingt durch ihre Dicke bzw. Höhe wäre bei einer Bindschäftung auf einer einfachen Auflagefläche selbstverständlich auch die „aktive Bindung“ entsprechend länger. Diese würde sich dann in der hinteren Hälfte der Klingen über die gesamte Höhe beider Breitseiten und der höchsten Stelle der Dorsalfläche erstrecken. Damit wäre eine solche Bindung aber erheblich anfälliger gegen die an diesen Stellen einwirkenden Zug- und Druckbeanspruchungen, und die Festigkeit der Bindung würde auf Dauer in Frage gestellt. Durch die Anbringung zweier seitlicher Wangen werden aber die in jedem Falle unerwünschten horizontalen Bewegungen und damit eine seitliche Verschiebung der Klingen und Lockerung der Bindung verhindert. Die vertikalen Beanspruchungen werden durch eine fest und dicht auf der Dorsalfläche anliegende Schnurbindung aufgefangen.

Die ersten Arbeitsschritte am Stiel und Nackenende sind also denjenigen für Idealtyp I vergleichbar. Es wird jetzt jedoch

keine einfache Auflagefläche geschaffen, sondern eine Schäftungsmulde mit einem etwa rechteckigen bis quadratischen Querschnitt.³⁶ Nach dem Markieren der Auflagerast kann die „Sollbruchstelle“ bis auf die Höhe der beiden seitlichen Wangen eingekerbt werden. Diese Höhe sollte der halben Höhe der Dechselklinge entsprechen. Daraufhin kann wiederum das überschüssige Holzstück tangential abgespalten werden. Auf die so entstandene Fläche muß nun die genaue Lage (Breite) der Dechselklinge in der Längsachse des Schäftungsendes symmetrisch markiert werden, so daß an ihren beiden Längsseiten jeweils noch ausreichend Holz für beide Wangen vorhanden ist.

Als nächster Schritt muß nun an der Stirnseite des Schäftungsendes die gewünschte Tiefe der Schäftungsmulde, d.h. die Position der eigentlichen Auflagefläche an der Basis der Schäftungsmulde in der Breite der Dechselklinge, markiert werden. Auf diese Weise ist der Bereich zwischen den zukünftigen seitlichen Wangen und der Basis der Schäftungsmulde gekennzeichnet; er kann nun beispielsweise mit Knochenmeißeln oder anderen geeigneten Geräten entfernt werden.

Bei dieser Arbeit ist unbedingt auf eine sehr paßgenaue Ausführung der Schäftungsmulde zu achten, eine Feststellung, die z.B. von BÖHM und PLEYER (1990) 260 bei ihren praktischen Versuchen getroffen worden ist und die nicht deutlich genug unterstrichen werden kann. Analog zu Beobachtungen aus Neu Guinea dürfte insbesondere am Ende dieses Arbeitsschrittes durch wiederholtes Einpassen der zu schäftenden Dechselklinge die Paßgenauigkeit laufend überprüft worden sein (BLACKWOOD 1964, 22).

Nach Fertigstellung der Schäftungsmulde entsprechen die weiteren Arbeitsschritte denjenigen am Idealtyp I. Durch die Reduzierung der Oberfläche des Schäftungsendes sollten auch die Wangen an ihrer Oberkante betroffen sein und verjüngt werden, so daß hier keine markante Stufe zwi-

schen dem Körper der Dechselklinge und den Wangen verbleibt; dies würde die Festigkeit der „aktiven Bindung“ eventuell verringern. Nach Einbringen eines Puffermaterials wird das Proximalende der Klinge in die Schäftungsmulde eingeführt und gegen die Auflagerast bzw. ein wenig in sie hineingedrückt.

Nun erfolgt die endgültige Fixierung der Klinge durch eine Schnurbindung, die somit lediglich mit den oberen Hälften der Breitseiten und dem Rücken der Dechselklinge Kontakt besitzt. Durch die Anbringung der Wangen ist es gelungen, die Länge der besonders beanspruchten „aktiven Bindung“ auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

Ob nun vor der Anbringung der Schnurwicklung noch zusätzlich ein weiches Material, z.B. Lindenbast oder Leder auf die Dorsalfläche gelegt worden ist, läßt sich letztlich nicht entscheiden. Eine solche Möglichkeit wurde im Zusammenhang mit dem Versuch der Erklärung von Kratz- bzw. Schnittspuren an Dechselklingen erwogen. Derartige Spuren sind von hohen, aber auch von flachen Dechselklingen bekannt (WEINER 1990).

Es wird vorgeschlagen, diese ebenfalls hypothetische Knieholmform zur Schäftung schmal-hoher Dechselklingen als „Idealtyp II“ bandkeramischer Dechselholme zu bezeichnen (Abb. 7 B).

Hinsichtlich der Größe beider Idealtypen wurde bewußt auf - natürlich rein spekulative - Angaben verzichtet. Es sollte klar geworden sein, daß beide Holmtypen prinzipiell die Schäftung aller Klingengrößen zulassen. Und es ist gewiß keine Spekulation, wenn hier angenommen wird, daß es zwischen den Dimensionen der Klängen und denjenigen der Holme ebenso ein sinnvolles Größenverhältnis gegeben haben dürfte wie zwischen der Dechsel (als komplettem Kompositgerät) und ihrem jeweiligen Benutzer. Die zuletzt genannte Annahme wird durch die natürlichen anatomischen Voraussetzungen der Benutzer be-

dingt und durch entsprechende Beobachtungen aus Neu Guinea unterstützt (PETREQUIN und PETREQUIN 1990). Zu vergleichbaren Überlegungen kommt BECKHOFF (1972) bei seinen Untersuchungen zur Bogenwaffe.

Zu Bindematerialien

Abschließend sei noch auf die möglichen bzw. nachgewiesenen bandkeramischen Bindematerialien eingegangen. Aus dem großen Angebot tierischer und pflanzlicher Rohstoffe werden die Dechselhersteller selbstverständlich die hierfür am besten geeigneten, empirisch ermittelten Materialien ausgewählt haben.

Hier sind zunächst Sehnen und Haut von Tieren zu nennen, wobei die Haut in naturbelassenem Zustand als sog. Rohhaut, gegerbt in Form von Leder in Frage kommen könnte. Bei den vegetabilischen Rohstoffen sind grundsätzlich alle Pflanzen zu berücksichtigen, die leicht zugängliche Bestandteile langfaseriger und reißfester Struktur aufweisen. Für die Bandkeramik sind dies neben Wild- auch Kulturpflanzen. Als Faserlieferanten der natürlichen Umwelt bieten sich hier hauptsächlich an: Eichen-, Birken- und vor allem Lindenbast sowie flexibles Wurzelwerk diverser Bäume und Sträucher, z.B. der Fichte. Zusätzlich wäre an die Fasern von Nesseln, der Brombeere oder der Waldrebe zu denken. Unter den Kulturpflanzen nimmt der Lein eine herausragende Stellung als Faserlieferant ein. Es fällt auf, daß in der Literatur dieser Verwendungszweck des Leins noch als relativ unsicher beschrieben wird.³⁷ Demgegenüber wurden Kordel- bzw. Schnurreste aus dem bandkeramischen Brunnen von Mohelnice vorgelegt, deren Material eindeutig als „Leinfasern“ bestimmt worden ist (OPRAVIL 1972, 23).

Welche der hier aufgeführten Bindematerialien dürften nun für die Fixierung der Dechselklingen verwendet worden sein? Es war Hennig, der sich mit dieser Frage eingehender auseinandergesetzt hat und

zu bemerkenswerten Ergebnissen gekommen ist. Im Zusammenhang mit den Bindespuren auf den Dechselklingen aus Krossigk und Burgtonna nimmt er die Verwendung von textilen Schnüren an. Er begründet dies mit den Worten „Zur Eignung der textilen Faser kann gesagt werden, daß sie sowohl im feuchten als auch im trockenen Klima als Bindung verwendet werden kann; denn textile Schnur zieht sich beim Feuchtwerden zusammen und wird straff... Das tierische Material, welches für die neolithischen Schäftungen noch in Frage käme und ebenfalls reichlich zur Verfügung stand (Leder, Sehnen), ist zwar auch ein einheimisches Erzeugnis, aber seine Eignung für die Zwecke der Bindung halte ich nicht für die beste, zumal im europäischen Neolithikum kein ausgesprochenes Steppenklimate herrschte, so daß sich eine Leder-Sehnenbindung beim wetterbedingten Feuchtwerden lockern konnte“ (HENNIG 1965, 102f.)³⁸

Dieser einleuchtenden Begründung wird man sich kaum verschließen können, zumal z.B. aus Schweizer Fundplätzen allem Anschein nach ausschließlich textile Schnüre zur Befestigung von Beilklingen bekannt sind (MÜLLER-BECK 1965, Abb. 47). Vor diesem Hintergrund ist die Verwendung von Rohhaut als Bindematerial bei entsprechenden Experimenten/Versuchen zu relativieren (BÖHM und PLEYER 1990, 259; WEINER 1990, 266; allem Anschein nach auch bei PLEYER 1991).

Neben Lein (Flachs) dürfte sich zu den bandkeramischen Schnurmaterialien auch Lindenbast gesellen, wie die unglaubliche Menge unterschiedlich starker und zu verschiedenen Zwecken verwendeter Kordel- und Schnurreste aus dem Brunnen von Erkelenz-Kückhoven eindrucksvoll erkennen läßt.³⁹

Es spricht also manches für die Annahme, daß zur Fixierung der bandkeramischen Dechselklingen textile Schnüre aus Flachs bzw. Lindenbast oder vergleichbaren pflanzlichen Produkten Verwendung gefunden haben.

Ausblick

Konnten in seltenen Fällen bereits Bindungsspuren auf Dechselklingen makroskopisch erkannt werden, treten jetzt ergänzend zur makroskopischen Untersuchung von Schäftungsspuren die Ergebnisse der Mikrogebrauchsspurenanalyse. Und es zeigt sich, daß charakteristische Spuren im Mikrobereich erhalten sein können, die eine Interpretation sowohl des ehemaligen Schaftmaterials als auch der eigentlichen Befestigung der Dechselklinge in Form einer Schnurbindung ermöglichen, obwohl mit bloßem Auge lediglich die „üblichen“ Schäftungsspuren erkennbar sind.

Zweifellos wird sich in Zukunft der Mikrogebrauchsspurenanalyse zur Beantwortung spezieller Fragekomplexe auch und gerade bei der Untersuchung von geschliffenen Großgeräten aus Gestein ein weites und im Hinblick auf die Vermehrung der Kenntnisse aller Voraussicht nach auch gewinnbringendes Betätigungsfeld öffnen.

Gewiß ist die hier zugrunde gelegte Datenbasis außerordentlich gering - nach strengen Maßstäben lediglich drei deutliche Hinweise für Bindespuren aus Burgtonna, Satec und Erkelenz-Kückhoven. Bedenkt man indes die in der Literatur erwähnte Anzahl von Dechselklingen mit makroskopisch erkannten Schäftungsspuren, dann ist in Wirklichkeit die Menge potentieller Informationsträger erheblich größer. Allerdings verschließt sich dieses Informationspotential auch weiterhin, es sei denn, die Artefakte werden einer Mikrogebrauchsspurenanalyse unterzogen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß die vorstehenden Ausführungen selbstverständlich nur Modellcharakter besitzen. Es wurde angestrebt, das große Spektrum möglicher theoretischer Lösungen zur Frage der Schäftung bandkeramischer Dechselklingen auf eine (oder mehrere) wahrscheinliche Lösung(en) zu reduzieren. Die Zusammenschau bereits bekannter bzw. neu gewonnener Untersuchungsergebnisse führte schließlich zu den beiden hier vorgestellten „Idealtypen“ bandkeramischer Dechselfächte.

Es bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten, die Funktionsfähigkeit beider Idealtypen auf klassisch experimentellem Wege zu überprüfen, eventuell zu bestätigen oder zu verwerfen.

Wie auch immer die Ergebnisse sein mögen: Sie werden dazu verhelfen, Licht in ein bislang nur spärlich erhelltes Teilgebiet prähistorischer Technologie und Ergologie zu werfen und zur gemeinsamen Erkenntnisgewinnung beitragen.

J.W.

Anmerkungen:

- *) Erweiterte Fassung eines gemeinsamen Vortrages anlässlich des „Symposiums der Experimentellen Archäologie“ am 27.08.1993 in Duisburg. Besonderer Dank gilt an dieser Stelle Herrn Dr. M. Fansa, Oldenburg. Mit großem Verständnis nahm er Anteil am Entstehen des Manuskriptes, dessen ursprünglicher Umfang entschieden papiersparender geplant war. Unser Dank gilt außerdem Herrn Prof. Dr. J. Lüning für die freundliche Durchsicht des Manuskriptes sowie Herrn Dr. A. Tillmann M.A., Ingolstadt, für seine konstruktive Kritik, zahlreiche Literaturhinweise und mancherlei Anregungen.
- 1) Hier wird bewußt die unglückliche Bezeichnung „Flachhacke“ vermieden; zur Terminologie vgl. WEINER (1990) 267, Anm. 4. Vgl. auch diesbezügliche Ausführungen bei BEHRENS (1957). In diesem Sinne ist auch die Übernahme der für typische Beilklingen der frühesten Metallzeiten üblichen Bezeichnung „Flachbeil“ im Zusammenhang mit der Benennung bandkeramischer breitflacher Dechselklingen wenig hilfreich (BÖHM und PLEYER 1990; PAVUK 1972; PLEYER 1991).
 - 2) Bakels erscheint eine weitere typologische Aufgliederung der flachen Dechselklingen nicht praktikabel (BAKELS 1987, 59). Zur Typologie vgl. auch MODDERMAN (1988) 104ff. sowie LEBRUN-RICALENS (1991).
 - 3) Die Frage der Zwischenfutter wird diskutiert bei Weiner (1990) 264; eine Abbildungen eines Rekonstruktionsvorschlages der Schäftung mit Zwischenfutter findet sich bei MARIEN (1952) 25, Abb. 12. In diesem Zusammenhang sei der bemerkenswerte Fund einer „Schäftung aus Hirschgeweih“ erwähnt, die aus einem vom Ausgräber in die Schnurkeramik datierten Grab aus Bad Dürrenberg, Kr. Merseburg (BICKER 1936) stammt. Außerdem wurde eine „flachgewölbte Hacke aus Hornblendeschiefer“ gefunden sowie der Röhrenknochen eines Vogels (Kranich), der 31 Mikrolithen enthielt. Mittlerweile wird das Grab ins späte Mesolithikum datiert (GEUPEL 1981, 110). Die „Schäftung“ besteht aus dem Basisteil einer Abwurfstange vom Rothirsch und ist kurz

oberhalb der Rose durchbohrt. Am Stangenende ist die Spongiosa ausgeräumt, so daß eine runde Öffnung entstanden ist. Das Stück wird von Geupel zu Recht als „Gerätfassung“ angesprochen (GEUPEL 1981, 110). Eventuell liegt die Idee nahe, hierin die Schäftung für die flache Dechselklinge zu vermuten. Der nach der Zeichnung (GEUPEL 1981, 109, Abb. 3) ermittelte Durchmesser der Geweihöffnung beträgt lediglich ca. 3,0 cm. Die Breite der Dechselklinge mißt in der Mitte des Stückes aber ca. 5,0 cm. Aus diesem Grunde ist die Schäftung der Beilklinge in diesem Geweihartefakt nicht möglich. Eventuell war die Schäftung zur Aufnahme eines kleineren „Kernbeiles“ bestimmt. Ein Beispiel hierzu etwa bei SCHULDT (1961, Taf. 98).

- 4) Kann man dem Schäftungsvorschlag als Stechbeitel von Dohrn noch problemlos folgen, so entbehrt ihr Versuch einer Schäftungsrekonstruktion als Hobel - jedenfalls in der zeichnerisch widergegebenen Form - jeglicher sinnvoller Einsatzmöglichkeiten (DOHRN 1980, 73, Abb.6). Im übrigen lag - von volks- bzw. völkerkundlicher Seite durch mancherlei Belege angeregt - schon seinerzeit die Annahme nahe, daß sich auch die Bandkeramiker zur flächigen Überarbeitung größerer Hölzer gewiß ihrer Querbeile bedient haben dürften. Diese Annahme findet nun eine erfreuliche Bestätigung durch Fundstücke aus dem bandkeramischen Holzbrunnen von Erkelenz-Kückhoven. Dort sind die Spaltflächen der Bauelemente aller drei Brunnenkästen - vielfach z.T. völlig flächendeckend - mit sich überschneidenden Negativen bzw. Negativresten der verwendeten Dechselklingen bedeckt. Die vorstehenden Feststellungen gelten uneingeschränkt auch für den von Hennig gelieferten Rekonstruktionsversuch eines „Hobeils“ (HENNIG 1961, 214, Abb. 8,4; 215). Obgleich wir grundsätzliche Bedenken gegen die Existenz bandkeramischer Hobel unter Verwendung von Dechselklingen nicht verhehlen wollen, sei an dieser Stelle doch auf einen praktischen Versuch durch Heintz hingewiesen. Dieser Autor verwendet eine breit-flache Dechselklinge („hache“) als „Hobeisen“ in einem rezenten Hobelkasten aus Holz und kommt zu dem Ergebnis „Un essaie...m'a montré que cela est parfaitement possible“ (HEINTZ 1981, 5).
- 5) „In Anbetracht dessen, daß vom Nitraer Material keine laboratorischen und petrographischen Analysen gemacht wurden, will ich an dieser Stelle nur manche evidente Erscheinungen beschreiben“ (PAVUK 1972, 52f.) bzw. „Alle Beobachtungen wurden mit bloßem Auge durch einfaches Anschauen, evtl. mit einer Lupe gemacht“ (DOHRN-IHMIG 1981, 9). Die Notwendigkeit von Gebrauchsspurenanalysen erkennt auch Bakels „An analysis of traces of wear should provide more information“ (BAKELS 1987, 72). In diesem Sinne äußert sich bereits Schwabedissen im Zusammenhang mit Überlegungen zur Schäftung von sog. Scheibenbeilen „Nach der ganzen Art des Werkzeuges muß man am ehesten eine

Querschäftung annehmen. Das würde durch genaue Beobachtungen der Stücke auf Gebrauchsspuren hin ermittelt werden können (SCHWABEDISSEN 1944, 121). So haben z.B. Mikrogebrauchsspurenanalysen an paläolithischen Feuersteinartefakten u.a. sogar deutliche Hinweise auf Bindebefestigung erbracht (ANDERSON-GERFAUD und HELMER 1987; BEYRIES 1987). In einem Falle konnte die Bearbeiterin sogar die Verwendung eines „racloir convergent“ als Dechselklinge zur Holzbearbeitung glaubhaft machen und mit einer modernen, auf einem Knieholm geschäfteten Nachbildung vergleichbare Schäftungsspuren reproduzieren (BEYRIES 1987, 56f.; 57 Fig. 3).

- 6) „Of vital importance is the function of these implements, which we shall be able to determine almost all certainly, on the basis of use-wear and traces of hafts. Traces of polishing and hafts can be easily seen with the unaided eye. But linear traces of use-wear require enlargement up to ten times“ (DROBNIWICZ 1988, 40) bzw. „Grooves forming a double strip - traces of the haft - can be felt on touch ...“ (DRONIEWICZ 1988, 38). Diese Feststellungen lassen den Schluß zu, daß auch bei der Bearbeitung der polnischen Fundstücke die erkennbaren Schäftungsspuren nur durch Betrachtung mit dem bloßen Auge bzw. durch Betasten untersucht worden sind. Demgegenüber scheint erst der Untersuchung der „echten“ Gebrauchsspuren eine größere Bedeutung beigemessen zu werden; bei wohlwollender Betrachtung könnte man sagen, daß sie einer extremen „Low Power Analyse“ unterzogen worden sind (vgl. hierzu auch PAWLIK 1992, 16ff.).
- 7) Aus offensichtlichen Gründen werden hier nur Bindespuren auf Beilklingen aus Felsgestein berücksichtigt. Trotzdem sei hier auf eine Mitteilung von Quente verwiesen, der auf einem „Querbeile aus Zernitz“ (Feuerstein) Spuren beschreibt, die ihn zu der Feststellung führen „Ich glaube aus diesem Befunde schließen zu müssen, daß eine Umwicklung die obere Seite des Beiles bedeckte und kein fester Holzkörper“ (QUENTE 1914, 180). Mögen (jüngerneolithische) Dechselklingen aus Feuerstein auch auf den ersten Blick ungewöhnlich erscheinen, so lassen sie sich doch - mit der notwendigen Geduld und Ausdauer - in öffentlichen und privaten Sammlungen bzw. in der Literatur regelmäßig finden. Das Gros der Stücke wird freilich durchgängig als „Hacken aus Feuerstein“ bezeichnet. Exemplare aus dem Rheinland werden demnächst an anderer Stelle eingehend behandelt (WEINER in Vorb.).
- 8) Da dieses Fundstück trotz seiner Datierung im Zusammenhang mit der Schäftungsfrage altnolithischer Dechselklingen in der Literatur erwähnt wird, soll es hier nicht unberücksichtigt bleiben. So beschreibt Klopffleisch die von ihm auf einem durchbohrten „Schuhleistenkeil“ erkannten Schäftungsspuren mit den Worten „Daß die Befestigung desselben an einen Stiel...erfolgt war,... wozu sich noch eine Umschnürung mit Riemen gesellte, dies konnte an anklebenden Spuren der

Hammer-Oberfläche deutlich erkannt werden“ (KLOPFLEISCH 1878, 555). Eine Umzeichnung der Schnurwicklung nach den Angaben von Klopffleisch findet sich bei HÖFER (1906). Den Versuch der Schäftungsrekonstruktion eines vergleichbaren Exemplares liefert BEHRENS (1957, 55, Abb.2).

- 9) Daß es sich hierbei natürlich nicht um wirkliche „Abdrücke“ der Schnur handelt, hat Hennig am Beispiel vergleichbarer Spuren auf der Dechselklinge von Burgtonna festgestellt. Derartige Negativspuren sollen vielmehr auf chemischem Wege, d.h. durch Einwirkung von Bodensäuren entstehen, deren Transport aufgrund der kapillaren Eigenschaften einer textilen Schnur begünstigt wird. Im Kontaktbereich einer Schnurwicklung mit der Steinklinge wird so die Oberfläche allmählich in linearer Richtung aufgelöst (HENNIG 1965, 99).
- 10) Die schwache Argumentationsbasis muß auch dem Autor klar geworden sein, denn er stellt fest „Kann der Fund ... auch nicht ganz so klar für die gesamte Schäftung dieses Gerätes ausgewertet werden, so dürfte die eingeztete Rille ein ... Beweis für eine textile Schnur sein“ (HENNIG 1965, 101).
- 11) Die Dechselklinge wurde nach Angabe des Finders, Landwirt E. Kummert, „Um 1940 gefunden ... hinten im Feld“ und gelangte 1953 als Schenkung ins Museum Gotha (Aufzeichnung Archiv Museum Gotha).
- 12) Zum Entstehen dieser Spuren vgl. Anm. 9.
- 13) Die Zusammenfassung der Mikrogebrauchsspurenanalyse dieser Dechselklinge durch A. Pawlik ergibt folgende Ergebnisse. 1. Rohmaterial: „Bei dem verwendeten Rohmaterial dürfte es sich kaum um Kieselschiefer handeln, das Gestein ist weicher und zäher, die Bruchflächen sind stufig und nicht muschelrig. Die gesamte Oberfläche ist von kurzen, kreuz und quer laufenden, strahligen Erscheinungen durchzogen. Sie sind auf Bereichen ohne Gebrauchspolituren und Bruchzonen vorhanden. Es könnte sich dabei um Aktinolith-Nadeln handeln, die im Mineralbestand von Amphibolit vorkommen können und manchmal Nester bilden“.
2. Bindespuren auf den Seitenflächen: „Die Oberflächen innerhalb der Bindespuren zeigen unter dem Mikroskop keine Unterschiede zur nicht betroffenen Werkzeugoberfläche. Für eine chemische Reaktion können auf diesem Wege also keine Belege entdeckt werden. Vielleicht reichte sogar die Bindung allein aus, um unter Berücksichtigung einer hohen Standzeit diese Eindrücke zu verursachen. Auch läßt sich unter diesem Gesichtspunkt kein ausdrücklicher Beleg für eine Verwendung von Pflanzenfasern als Schnurmaterial finden. Eine Bindung aus Sehnen läßt sich über die Gebrauchsspurenanalyse nicht abschließen, besonders, wenn man bedenkt, daß frische oder nasse Sehnen sich beim Trocknen zusammenziehen und die Spannkraft sich dadurch erhöhen würde. Für die Einwirkung einer Bodensäure findet sich mikroskopisch kein Hin-

- weis, auch scheinen mir solch aggressive Säuren ein organisches Material schneller zu zerstören als dieses die Säure an das Gestein weitergeben könnte". 3. Fazit: „Letztendlich deckt sich die mikroskopische Beobachtung mit der Interpretation anhand der makroskopischen Spuren, unabhängig von ihrer tatsächlichen Entstehung. Sicherlich lag diese Dechselklinge auf einem Schaft aus härterem organischem Material auf - alle Hinweise sprechen dabei für Holz - und war durch eine Schnurwicklung fixiert“.
- 14) Unser Dank gilt Frau Dr. I. Pleinerova, Prag, für ihre spontane Bereitschaft, diese Dechselklinge zur Bearbeitung zu überlassen.
- 15) Entsprechend die Feststellung von Lüning „Die Schuhleistenkeile haben sich in Experimenten beim Fällen von Eichen bestens bewährt“ LÜNING 1988, 54). Zur Methodik der Experimentellen Archäologie, insbesondere der Hypothesenbildung und Durchführungformen vgl. RICHTER (1991) und LÜNING (1991).
- 16) Hierzu die Überlegungen zum Baumfällen in bandkeramischer Zeit von KREUZ (1990) 188. Ein gutes Beispiel für eine im Sinne der Autoren also „unökonomische“ Holzausnutzung liefert der Bericht von Leechman über das Baumfällen der Indianer im Yukon Territory. Dort wurden mit Dechseln die Bäume in einer Höhe von bis zu einem Meter oberhalb des Erdbodens gefällt; die Baumstümpfe mit den charakteristischen Fällmarken blieben stehen (LEECHMAN 1950). Könnte es in der Bandkeramik nicht ebenso gewesen sein?
- 17) Grundlegend hierzu HENNIG (1959; 1961); vgl. auch BERANOVA (1987), RIETH (1949/50) sowie SMOLLA (1960, 53; 63).
- 18) Ausführlich hierzu WEINER (1990) 264ff. Es sei außerdem auf die „Negativspuren einer Holzmaserung“ auf der Ventralfläche der Dechselklinge aus Burgtonna hingewiesen (HENNIG 1961) 99. Vgl. überdies die Ausführungen von Pawlik zu entsprechenden Spuren von „Holzpolitur“ auf der Dechselklinge von Erkelenz-Kückhoven in diesem Beitrag; übereinstimmend hierzu auch ROODENBERG (1983) 182.
- 19) Hierfür liefert Semenov eine einleuchtende Erklärung. Danach lassen sich - prinzipiell unabhängig von ihrer Form - symmetrische Beilklingen für Parallelschäftung (axes) eindeutig anhand der Lage, Intensität und Richtung ihrer Gebrauchsspuren von asymmetrischen Beilklingen für Querschäftung (adzes) unterscheiden. Bei Querbeilklingen unterschiedlicher Gesteinsarten wurde im Schneidenbereich auf der stärker aufgewölbten Dorsalfäche eine intensivere Abnutzung, d.h. deutlichere Ausprägung der Gebrauchsspuren festgestellt als auf dem ventralen Schneidenbereich. Dies wird durch einen intensiveren Kontakt der schneidennahen Dorsalfäche mit dem Werkstoff Holz erklärt; hieraus ergibt sich zwingend die Positionierung der Dechselklingen mit der gewölbten Seite zum Werkstoff, mit der flachen Seite zum Schaft. Die Richtung der Spuren verläuft in diesen Fällen immer von der Schneide parallel zur Längsrichtung der Artefakte; bei symmetrischen Beilklingen verläuft sie dagegen im Schneidenbereich immer diagonal (SEMENOV 1964, 126ff.).
- Die nach unserer Kenntnis früheste Mitteilung über erkannte Schäftungsspuren liefert Verworn bereits im Jahre 1911! Danach läßt „Eine flache Hacke ... außerordentlich deutlich die Art der Schäftung erkennen. Das Stück zeigt an der flachen Unterseite starke Glanzriefen, die von dem Spanende nach vorn gehen und durch Reibung bei Vor- und Rückwärtsrutschen der wackeligen Steinklinge im Holzschaff entstanden sind. ... Es ergibt sich aus dieser Schäftungsspur, die sich stets nur an der flachen Unterseite findet, mit voller Klarheit, daß diese Steinklingen mit ihrer flachen Unterseite auf einen jedenfalls knieförmigen Holzschaff aufgebunden gewesen sind - der vorn zur Verhinderung des Zurückgleitens als Widerlager einen queren Absatz besaß“ (VERWORN 1911, 48).
- 20) Hierzu ANKEL (1957), HENNIG (1959; 1961) sowie (MODDERMAN 1970, 190) und schließlich SEMENOV (1957). Eine überzeugende Stützung der Annahme von Knieholmen liefern einige Befunde aus Gräberfeldern. So wurden in Elsloo (4 x), Hönheim-Suffelweyersheim (1 x) und Niedermerz (1 x) Dechselklingen angetroffen, die z.T. fast senkrecht im Grab „standen“. Die Schneiden und die flachen Unterseiten der Artefakte waren dabei immer nach unten orientiert. Diese Position kann sinnvoll nur dadurch erklärt werden, daß die Artefakte als Bestandteil von Knieholmen geschäftet waren (MODDERMAN 1970, 189; FORRER und JÄNGER 1918, 877; DOHRN-IHMIG 1983, 151). In ihrer Argumentationskraft für eine Knieholmschäftung kaum noch zu übertreffen sind schließlich die Schädelverletzungen an den Skeletten aus dem bandkeramischen Massengrab von Talheim. Neben wenigen Hiebsspuren von „Schuhleistenkeilen“ handelt es sich interessanterweise nahezu ausschließlich um flach-D-förmige Einschlaglöcher von „Flachhacken“ (also „Flachbeilen“). Die Bearbeiter stellen fest „Die vorliegenden Befunde würden nun eine solche Konstruktion (Knieholmschäftung; Anm. J. Weiner) aufs beste bestätigen, wobei der Winkel der Defekte zu den Hauptkörperachsen bei angenommener aufrechter Position der Opfer die entscheidende Rolle spielt. Die Flachhackenverletzungen liegen nämlich fast alle mehr oder weniger waagrecht bzw. in der Vertikalansicht des Schädels schräg zur Sagittallinie, was letztlich nur durch eine Knieschäftung zu erreichen ist“ (WAHL und KÖNIG 177).
- 21) Dieser Themenbereich soll einer späteren Behandlung vorbehalten bleiben. Es sei jedoch bereits auf die Schäftungs„rekonstruktion“ einer durchlocherten „herminette“ durch DESTEXHE-JAMOTTE (1966) 15, Abb. 6 hingewiesen.
- 22) Zu Eigenschaften und Verwendung der hier genannten Holzarten vgl. ADEN (1972), FLOCKEN et al. (1976) 65-68, GAYER (1954), LULEY (1992) 28-38, ORME und COLES (1985) 7-14 sowie WESSELKAMP (1992) 12-15. Zur neolithischen Holzwirtschaft und zum Holzbedarf aufschlußreich z.B. WILLERDING (1990) mit umfangreicher Literatur. Einen exzellenten Einstieg in die Materie „Holz“ und einen hervorragenden Überblick mit einzigartigen Abbildungen von einheimischen Gehölzen vermittelt GODET (1987).
- 23) In diesem Sinne SCHWEINGRUBER (1976) 38 sowie STOTZER et al. (1976) 13. Zur Bedeutung des Rohstoffes Holz und zu seiner Nutzung in der Urgeschichte vgl. HEAL (1982), KREUZ (1990) sowie SCHWEINGRUBER (1975).
- 24) Lange Knieholmschäfte aus Eichen- und Buchenholz für parallel- und querschäftete Knochen- und Steinklingen finden sich z.B. bei WINIGER (1981b).
- 25) Für freundliche Auskünfte zum Vorkommen und zur Verbreitung der Eibe zu bandkeramischer Zeit sei Frau Dr. A. Kreuz, Büdingen und Frau U. Tegmeier M.A., Köln, herzlich gedankt. Nach Firbas steht lediglich fest, „daß die Eibe im nordwestdeutschen Flachland spätestens an der Wende von der mittleren zur späten Wärmezeit vorhanden war.“ (FIRBAS 1949, 270); hierzu auch BEHRE (1986).
- 26) „Some men do no further work on the shaft, even leaving the bark to become detached in the course of use; but most remove the bark and shape the branch a little to fit their grip, tapering it to a point at the proximal end (BLACKWOOD 1964, 21). Vgl. hierzu z.B. die praktischen Erfahrungen von ADAMECK et al. (1990) 206. In diesem Sinne besitzen auch die langen Knieholme aus Feldmeilen in der Regel mehr oder weniger ovale Stielquerschnitte, während zwei kleine Knieholme aus Gachnang-Niederwil runde Stielquerschnitte aufweisen (WINIGER 1981b, Abb. 9; Taf. 44, 45, 47). Nach einer Mitteilung von GODELIER und GARANGER (1973) besitzen die Stiele der Dechselfschäfte der Baruya sowohl ovale als auch runde Querschnitte.
- 27) Trotz mehrfacher Lektüre des zitierten Artikels von SCHWEINGRUBER (1975) findet sich die Beschreibung dieses Sachverhaltes dort nicht! Als Beispiel sei der aus Eibenholz (!) gefertigte Knieholm vom Hauslabjoch genannt, dessen Stiel aus dem Stammteil und dessen gegabeltes Schäftungsende aus dem Astteil gefertigt wurde (EGG 1993, 56). Mit einer gewissen Verwunderung liest man in diesem Zusammenhang im übrigen eine erst kürzlich geäußerte Feststellung von Spindler „Und noch eine Besonderheit hebt das Beil vom Hauslabjoch aus der Masse seiner Vergleichsfunde hervor: Es besitzt den einzigen bislang bekannten Holm aus Eibe“ (SPINDLER 1993, 102). Diese Aussage bedarf der Korrektur, ist doch aus Nieuw Dordrecht der komplette Knieholm eines endneolithischen Querbeiles aus Eibenholz bekannt. Er scheint im übrigen der Beschreibung zufolge nach demselben Schema hergestellt worden zu sein „The adze shaft consists of a piece taken from the outer ring of a yew tree trunk (the handle)“ (VAN DER WAALS 1964, 55); zu diesem Fund auch VAN ZEIST (1957). Gleichfalls aus Eibe ist der Knieholm eines weite-
- ren vollständigen Exemplares aus Kinnegard, Co. Westmeath (Irland); die Tüllenklinge besteht aus Bronze (COLES et al. 1978, 6, Fig. 2, 2).
- 28) Ein Beispiel für eine knopfartige Ausgestaltung des Nackenendes eines Knieholmes aus Egelzwil 3 findet sich bei WESSELKAMP (1992) Taf. 11, 92. Man denke an den Knieholm vom Hauslabjoch, bei dem am Übergang zwischen Nackenende und Stiel ein „stufenförmiger Absatz“ herausgearbeitet wurde, der zur Befestigung der Bindung diente (EGG 1993, 57, Abb. 19). Ein weiteres Beispiel für derartige Befestigungshilfen für die Bindung stellt der eigenwillig geformte mesolithische „Knieholm“ (Hasel) aus Vedbaek, Maglemosegaards Vaenge, dar. Hier endet der Nackenteil in einem runden knopfähnlichen Vorsprung; zusätzlich befindet sich am Übergang zwischen Nackenende und Stiel quer zur Schlagrichtung ein ovales Loch. Die Schäftungsrekonstruktion läßt deutlich erkennen, daß die Bindung durch dieses Loch und anschließend um das Nackenende verläuft und schließlich durch den Vorsprung gestoppt wird (PETERSEN 1979, 62f.). Ein in nahezu allen Merkmalen vergleichbares Exemplar aus Ölby Lyng beschreibt BRINCH PETERSEN (1970).
- 29) Aus Neuguinea sind Dechsel bekannt, deren Klingen mit der Schneide schräg zum Stiel eingesetzt sind. Es handelt sich jedoch dabei um Kompositischäfte, d.h. die Klingen wurden in Zwischenstücke eingesetzt, die ihrerseits schräg zu ihrer Längsachse am eigentlichen Knieholm aufgebunden wurden (STEENBERG 1980). Direkt geschäftete neolithische Dechselklingen aus europäischen Fundstellen erscheinen dagegen grundsätzlich mit den Schneiden im rechten Winkel zum Stiel orientiert.
- 30) Beispiele hierfür z.B. bei MÜLLER-BECK (1965) 34ff.; Hinweise auf organisches „Puffermaterial“ liegen dort jedoch nicht vor, was eventuell mit der geringen Größe der Beilklingen bzw. den häufig auch aus Knochen hergestellten Beilklingen zusammenhängen mag. Beide Beobachtungen sprechen für relativ schwache Beanspruchungen der Geräte, so daß vielleicht aus diesem Grunde auf eine „Pufferung“ verzichtet werden konnte. Vgl. hierzu auch die Abbildung einer „mutmaßlichen Schäftung“ eines neolithischen Schuhleistenbeiles bei FORRER (1907) 69, Taf. 20, 4.
- 31) So z.B. bei JOOS et al. (1991) 129, Abb. 8, 12., WINIGER (1981b) Taf. 43, Abb. 1, 5; Taf. 46, Abb. 4; Taf. 47, Abb. 2-5. Es ist bemerkenswert, daß die schweizerischen Exemplare an dieser Stelle eine rinnenartige Vertiefung aufweisen, wodurch der Eindruck entsteht, daß hier eine besonders intensive und mehrlagige (?) Wicklung angebracht worden ist. In diesem Sinne auch die Feststellung „Das Ende der Schäftungsfortsätze weist auch bei den Querholmen jene charakteristische Vertiefung oder Rinne auf, die ein Abrutschen der Bindung verhinderte“ (JOOS 1981, 140). Wülste am Ende der Gabelschäftung eines Dechselfschafes weist auch das schnurkeramische Exemplar aus Stedten auf (GRÖSSLER

1902, Taf. 23). Deutliche ausgearbeitete Wülste läßt auch das Gabelende eines Knieholmes für die Parallelschäftung einer dicknackigen Beilklinge vom Dümmer erkennen (SCHIRNIG 1979, 236, Abb. 4).

Einen analogen Arbeitsschritt auf der Außenseite des Schäftungsendes beschreibt BLACKWOOD (1964) 22 mit den Worten „its purpose is to take the thickness of the binding, so that in the finished tool the upper-side of the binding lies flush with the upper edge of the heel, the shoulder being then hidden.“ Vgl. auch das Kompositgerät aus Hirschgeweih vom jungneolithischen Feuersteinbergwerk „Lousberg“ in Aachen, dessen fragmentarisch erhaltenes Zangenende noch einen deutlich ausgeprägten Wulst aufweist, der sinnvoll nur zu dem beschriebenen Zweck geeignet haben kann (WEINER 1984).

- 32) Obwohl bislang keine chemischen Analysen bandkeramischer Pechreste durchgeführt worden sind, sprach manches für die Annahme von Birkenpech. Mittlerweile liegen Analysen mehrerer kleiner Stücke eines pechähnlichen Materiales aus dem Brunnen von Erkelenz-Kückhoven vor, wonach es sich bei diesem Material eindeutig um Birkenpech handelt (RUTHENBERG und KURZWEIL 1994). Beilklingen mit Spuren von „Schäftungspech“ sind z.B. aus Twann bekannt, wobei der Bearbeiter darauf aufmerksam macht, daß sie vorwiegend auf kleinen Beilklingen auftreten (WILLMS 1980, 67). Auch die Kupferklinge des Beiles vom Hauslabjoch war zusätzlich durch eine Birkenpechklebung gesichert (EGG 1993, 56).
- 33) Gelegentlich werden aus bandkeramischem Zusammenhang Knochenartefakte gemeldet. Handelt es sich bei einigen aus formalen Gründen tatsächlich um Meißel, wie z.B. dem Exemplar aus Müddersheim (FIEDLER 1979, Taf. 58, 1), so steht doch für andere aus denselben Gründen unbestreitbar fest, daß sie als Dechselklingen zu bezeichnen sind. Die Exemplare bestehen aus (Lang-) Knochen von Großsäugern. Ihre relativ geringe Anzahl ist gewiß auf die üblicherweise schlechten Erhaltungsbedingungen für organische Materialien zurückzuführen. Man wird kaum fehlgehen, Dechselklingen aus Knochen (und Geweih ?) zum festen Gerätebestand der Bandkeramik zu rechnen. Derartige Geräte finden sich z.B. bei FRITSCH (1987) 15, Abb. 5; GIES und THEVENIN (1971) 14, Fig. 8, 14; JEUNESSE (1991) 94, Fig. 9, 1; SEGER (1919) 12, Abb. 28 und ein besonders eindrucksvolles Exemplar bei SIDERA (1989) 183, Taf. 24b, 5.
- 34) Es kann kein Zweifel an der Existenz von Holzgefäßen in der Bandkeramik bestehen. Tatsächlich liegt ein Beleg vor, der indes relativ unbekannt zu sein scheint. Dieses Stück wurde bereits im Jahre 1921 auf der Sohle eines vom Berichterstatter als „bandkeramische Grabstätte“ angesprochenen Brunnens gefunden. Es handelt sich um eine ursprünglich vermutlich vollständige, den damaligen rustikalen Bergungsbedingungen entsprechend leider nur fragmentarisch überlieferte,

„gegen 4 cm hohe Schale, ... deren Länge und Breite sich nicht mit Sicherheit angeben läßt“. Die Materialbestimmung ergab „Pomacee“, vermutlich also Apfel- oder Birnbaumholz o.ä. Die abschließenden Feststellung des Berichterstatters hat bis heute ihre Gültigkeit bewahrt: „Holzgefäße der verschiedensten Art sind in der jüngeren Steinzeit in großer Anzahl hergestellt worden, aber...aus der Kultur der Bandkeramik ist mir aus Deutschland überhaupt keins bekannt“ (AMENDE 1928, 196f.).

Allerdings scheint E. Amende bei der Durchsicht der Holzfragmente doch ein Randstück übersehen zu haben, das keinesfalls zu der beschriebenen Schale gehören kann. Diese Information lieferte freundlicherweise Herr Dipl. Arch. R. Einicke, Halle, dem hierfür herzlicher Dank gebührt. Nach Ansicht von Kollegen Einicke könnte das Fragment am ehesten von einem aus Holz gearbeiteten Kumpf stammen (Mitt. vom 04.03.1994). Zu neolithischen Holzgefäßen allgemein vgl. CAPELLE (1976).

- 35) So äußern Arps und Bakels die Vermutung „...dat de plattere dissels juist in nederzettingen optreden en dat de hogere modellen elders gebruikt en weggegooid zijn“ (ARPS und BAKELS 1982, 37f.). Dies stützt tendenziell die Vermutung, wonach mit flach-breiten Dechselklingen die feineren und leichteren (im Sinne des Kraftaufwandes) Holzarbeiten durchgeführt wurden, Arbeiten, die naturgemäß eher im Siedlungsareal anfallen. Als Beispiel für diese Art von Arbeit analog die Verwendung einer zwar in dieser Form nicht nachgewiesenen, aber aus technologisch-ergologischen Gründen anzunehmenden Dechsel mit einer Feuersteinklinge beim Nachbau des endneolithischen Bogens von Koldingen (Eibenholz) durch PAULSEN (1991, 300, Abb. 2; 301). Ein eindrucksvolles Beispiel eines vollständig mit kleinen Zurichtungsnegativen übersäten Bogenstabes aus Eibenholz ist das Exemplar vom Hauslabjoch (EGG 1993, 36, Abb. 6; 37). Die Übereinstimmung dieser Bearbeitungsspuren mit den von Paulsen experimentell erzielten ist frappierend. Es bedarf keines besonderen technischen Verständnisses, um darauf zu schließen, daß auch der vorliegende Bogenstab vom Hauslabjoch eine Überarbeitung mittels einer Dechsel - vermutlich mit einer Feuersteinklinge bestückt - , gewiß jedoch nicht mit dem mitgefundenen Beil mit einer Klinge aus fast reinem Kupfer (99,7 %) erfahren hat. Zusätzlich spricht die für solche Arbeiten ergologisch ungünstige Holmform des Beiles vom Hauslabjoch gegen eine derartige Verwendung.
- Diese Erkenntnis ist mittlerweile auch durch praktisch-experimentelle Versuche bestätigt worden, wobei vorerst unklar bleibt, ob entsprechende weitergehende Versuche unter Verwendung einer Dechsel durchgeführt worden sind (EGG 1993, 37, Anm. 48).
- 36) Über die Anbringung einer derartigen Mulde mit seitlichen Wangen und einem deutlichen flach-U-förmigem Querschnitt an Dechselflächen aus

Neu Guinea (direkte Schäftung der Klinge ohne Zwischenstück) berichtet ausführlich BLACKWOOD (1964) 22 und Taf. 2, C,D.

- 37) So z.B. KNÖRZER (1977) 300; WILLERDING (1980) 441.
- 38) Beachtenswert ist demgegenüber die „mit einem Leder- bzw. Hautriemen“ umwickelte Beilklinge am Knieholm vom Hauslabjoch (EGG 1993, 56).
- 39) Die vorläufige Bestimmung erfolgte durch Herrn Dr. K.-H. Knörzer, Neuss. Vgl. hierzu auch die detaillierte Untersuchung von GRANLUND (1944).

Literatur:

- ADAMECK, M., LUND, M. UND MARTENS, K. (1990): Der Bau eines Einbaums. Zur Gebrauchsfähigkeit von geschliffenen Feuersteinbeilen. In: Fansa, M. (Bearb.) Experimentelle Archäologie in Deutschland. - Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 4:201-207. (Oldenburg).
- ADEN, H. (1972): Waldlehrpfad Köln-Brück (Köln).
- AMENDE, E. (1928): Eine bandkeramische Grabstätte bei Rehmsdorf. - Mitt. Gesch.- u. Alttertforsch. Ges. des Osterlandes 13:185-201.
- ANDERSON-GERFAUD, P. (1987): L'emmanchement au Moustérien. In: D. STORDEUR (Dir.) La main et l'outil. Manches et emmanchements préhistoriques. - Travaux de la Maison de l'Orient 15: 37-54. (Lyon).
- ANKEL, C. (1957): Zur funktionalen Deutung linearbandkeramischer Felsgesteingeräte (Dissertation Frankfurt).
- ARPS, C.E.S. (1990): Bandkeramische dissels van Centraal-Europa: Gesteentesorten en herkomst. - Nederlandse Archeol. Rapporten 9: 11-27.
- ARPS, C.E.S. und BAKELS, C.C. (1982): De dissels van Rosmeer. In: M. ULRIX-CLOSSET und R. ROUSSELLE, L'Industrie lithique du site Rubané du Staberg à Rosmeer. - Arch. Belgica 249:34-40.
- BAKELS, C.C. (1987): On the adzes of the Northwestern Linearbandkeramik. - Analecta Praehist. Leidensia 20:53-85.
- BECKHOFF, K. (1972): Über die Größenbeziehungen zwischen dem prähistorischen Bogen schützen und seiner Waffe. - Die Kunde N.F. 23:49-61.
- BEHRE, K.E. (1986): „Eibe“. - Reallexikon der Germanischen Altertumskunde 6:524-525.

BEHRENS, H. (1957): Kritische Bemerkungen zu einigen Auffassungen über die Form des ältesten neolithischen Bodenbaues in Mitteleuropa. Agrarethnographie. - Veröff. Institut für Deutsche Volkskunde 13: 51-67.

BERANOVA, M. (1987): Zur Frage des Systems der Landwirtschaft im Neolithikum und Äneolithikum in Mitteleuropa. Arch. rozhledy 39: 141-198.

BEYRIES, S. (1987): Quelques exemples de stigmates d'emmanchements observés sur des outils du Paléolithique Moyen. In: D. STORDEUR (Dir.) La main et l'outil. Manches et emmanchements préhistoriques. - Travaux de la Maison de l'Orient 15: 55-62. (Lyon).

BICKER, F.-K. (1936): Ein schnurkeramisches Rötelgrab mit Mikrolithen und Schildkröte in Dürrenberg, Kr. Merseburg. - Jahresschr. für die Vorgesch. der sächsisch-thüringischen Länder 24: 59-81.

BINNEMAN, J. und DEACON, J. (1986): Experimental Determination of Use Wear on Stone Adzes from Boomplaa Cave, South Africa. - Journal of Arch. Science 13: 219-228.

Blackwood, B. (1964): The Technology of a modern stone age people in New Guinea. - Occasional Papers on Technology 3 (Oxford).

BÖHM, K. und PLEYER, R. (1990): Geschliffene Geräte aus Felsgestein des älteren und mittleren Neolithikums aus Altbayern: Herstellung, Schäftung, praktische Anwendung. In: Fansa, M. (Bearb.) Experimentelle Archäologie in Deutschland. - Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 4: 257-262. (Oldenburg).

BRINCH PETERSEN, E. (1970): Ölby Lyng. En østjoeandsk kystboplads med Ertebøllekultur. - Aarbøger 1970: 6-42.

CAPELLE, T. (1976): Holzgefäße vom Neolithikum bis zum späten Mittelalter. - Münstersche Kleine Schriften zur Ur- und Frühgeschichte 1 (Hildesheim).

CASTELLETTI, L. (1988): Anthrakologische Untersuchungen. In: Der bandkeramische Siedlungsplatz Langweiler 8. - Rhein. Ausgr. 28:853-881. (Köln).

COLES, J. (1979): Experimental Archaeology. - Academic Press (London).

COLES, J., HEAL, S.V.E. und ORME, B.J. (1978): The use and character of wood in Prehistoric Britain and Ireland. - Proc. Prehist. Soc. 44:1-45.

DESTEXHE-JAMOTTE, J. (1966): Contribution à l'Omalien. Un instrument perforé et trois nouvelles restaurations de vases ornés. - Chercheurs de la Wallonie 19:8-16.

- DOHRN, M. (1980): Überlegungen zur Verwendung bandkeramischer Dechsel aufgrund der Gebrauchsspuren. - Fundber. Hessen 19/20, 1979/80:69-78.
- DOHRN-IHMIG, M. (1981): Polier- und Schnittspuren am Nackenteil von Schuhleistenkeilen neolithischer Gräberfelder. - Kölner Jahrb. 16, 1978/1979:9-16.
- DOHRN-IHMIG, M. (1983): Das bandkeramische Gräberfeld von Aldenhoven-Niedermerz, Kreis Düren. Archäologie in den Rheinischen Lößböden. Beiträge zur Siedlungsgeschichte im Rheinland. - Rhein. Ausgr. 24:47-190. (Köln).
- DROBNIOWICZ, B. (1988): Use-wear analysis of shoe-last implements and axes from early Neolithic (LPC) Cracow-Nowa Huta settlement in west Little Poland. In: S. BEYRIES (Hrsg.) Industries Lithiques. Tracéologie et Technologie. Vol. 1: Aspects archéologiques. - BAR Intern. Series 411:33-46.
- EGG, M. (1993): Die Ausrüstung des Toten. In: M. EGG und K. SPINDLER Die Gletschermumie vom Ende der Steinzeit aus den Ötztaler Alpen. Vorbericht. - Jahrbuch RGZM 39:35-100.
- FIEDLER, L. (1979): Formen und Techniken neolithischer Steingeräte aus dem Rheinland. Beiträge zur Urgeschichte des Rheinlandes III. - Rhein. Ausgr. 19:53-190. (Köln).
- FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 1. Allgemeine Waldgeschichte (Jena).
- FLOCKEN, J., WALKING, H. und BUHRMESTER, E. (1976): Lehrbuch für Tischler (Hannover).
- FORRER, R. (1907): Reallexikon der prähistorischen, klassischen und frühchristlichen Altertümer (Stuttgart).
- FORRER, R. und JÄNGER, F. (1918): Neolithisches Gräberfeld bei Hönheim-Suffelweyersheim. Anz. Elsässische Altertumskunde 9:875-886.
- FRI TSCH, B. (1987): Zwei bandkeramische Siedlungen im Hegau. - Archäologische Nachrichten aus Baden 38/39:10-17.
- GAYER, S. (1954): Die Holzarten und ihre Verwendung in der Technik (Leipzig).
- GIES, C. und THEVENIN, A. (1971): Campagne de fouilles 1970 à Reichstett (Bas-Rhin). - Cahiers Alsaciens 15: 5-22.
- GODELIER, M. und GARANGER, J. (1973): Outils de pierre, outils d'acier chez les Baruya de Nouvelle-Guinée. - L'Homme 13:187-220.
- GODET, J.-D. (1987): Bäume & Sträucher (Melungen).
- GRAMSCH, B. (1966): Abnutzungsspuren an mesolithischen Kern- und Scheibenbeilen. - Ausgr. und Funde 11:109-114.
- GRANLUND, J. (1944): Lindbast och Träbast. - Folk-Liv 7/8 (1943/44):166-199.
- GRÖBLER, H. (1902): Geschlossene vorgeschichtliche Funde aus den Kreisen Mansfeld (Gebirge und See), Querfurt und Sangerhausen. - Jahresschr. für die Vorgeschichte der sächsisch-thüringischen Länder 1:125ff.
- HEAL, S.V.E. (1982): The Wood Age? The significance of wood usage in Pre-Iron Age North-Western Europe. In: S. McGrail (Hrsg.) Woodworking Techniques before A.D. 1500. - BAR Int. Series 129:95-109.
- HEIM, J. und JADIN, I. (1991): Paléobotanique des sites rubanés de Weiler-La-Tour - Holzdreisch et Alzingen-Grossfeld (Grand-Duché de Luxembourg). - Bull. Soc. Préhist. Lux. 13:37-58.
- HEINTZ, G.F. (1981): Essai de détermination de l'emploi des „haches“ de pierre, dites „à forme de bottier“. - Cahiers Alsaciens 24:5-9.
- HENNIG, E. (1959): Untersuchungen über den Verwendungszweck neolithischer Schuhleistenkeile. - Diplomarbeit (Jena).
- HENNIG, E. (1961): Untersuchungen über den Verwendungszweck urgeschichtlicher Schuhleistenkeile. - Alt-Thüringen 5:189-222.
- HENNIG, E. (1965): Zur Rekonstruktion der Bindung an neolithischen Querbeilklingen. - Alt-Thüringen 7, 1964/1965:98-104.
- HÖFER, P. (1906): Der Leubinger Grabhügel. - Jahresschr. für die Vorgesch. der sächsisch-thüringischen Länder 5:1-59.
- JEUNESSE, C. (1991): Un nouvel habitat néolithique et protohistorique à Rosheim (Bas-Rhin). - Cahiers L'Assoc. pour la Promotion de la Recherche Archéol. en Alsace 7:81-85.
- JOOS, M. et al. (1991): Das Neolithikum der Schweiz (Basel).
- KAUFMANN, D. (1989): Pflanzenanbau und Viehhaltung. Der Beginn einer neuen Epoche von Wirtschaft, Kultur und Siedlungsgeschichte. In: J. Herrmann (Hrsg.) Archäologie in der Deutschen Demokratischen Republik. Band 1:65-73. (Leipzig).
- KEELEY, L.H. (1980): Experimental Determination of Stone Tool Uses. - University of Chicago Press (Chicago).
- KLOPFLEISCH, F. (1878): Kurzer Bericht über die ersten Ausgrabungen des Leubinger Grabhügels. - Neue Mitteilungen aus dem Gebiet historisch-antiquarischer Forschungen 14:544-561.
- KNÖRZER, K.-H. (1977): Pflanzliche Großreste des bandkeramischen Siedlungsplatzes Langweiler 9. In: Der bandkeramische Siedlungsplatz Langweiler 9. - Rhein. Ausgr. 18:279-303.
- KNÖRZER, K.-H. (1988): Untersuchungen der Früchte und Samen. In: Der bandkeramische Siedlungsplatz Langweiler 8. - Rhein. Ausgr. 28:813-852.
- KREUZ, A. (1988): Holzkohle-Funde der ältestbandkeramischen Siedlung Friedberg-Bruchenbrücken: Anzeiger für Brennholz-Auswahl und lebende Hecken? In: Der prähistorische Mensch und seine Umwelt. (Festschrift U. Körber-Grohne). - Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 31:139-153.
- KREUZ, A.M. (1990): Die ersten Bauern Mitteleuropas - Eine archäobotanische Untersuchung zu Umwelt und Landwirtschaft der Ältesten Bandkeramik. - Analecta Praehist. Leidensia 23 (Leiden).
- LE-BRUN-RICALENS, F. (1991): Contribution à l'inventaire des lames d'herminettes néolithiques de territoire Luxembourgeois. Bull. Soc. Préhist. Lux. 13:59-75.
- LEECHMANN, D. (1950): Aboriginal tree-felling. - Bull. National Mus. of Canada 118:44-49.
- LÖNING, J. (1988): Frühe Bauern in Mitteleuropa im 6. und 5. Jahrtausend v. Chr. - Jahrb. RGZM 35:27-93.
- LÖNING, J. (1991): Bemerkungen zur experimentellen Archäologie. In: Fansa, M. (Bearb.) Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. - Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 6:15-18. (Oldenburg)
- LULEY, H. (1992): Urgeschichtlicher Hausbau in Mitteleuropa. - Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 7 (Bonn).
- MARIEN, M.E. (1952): Oud-Belgie (Antwerpen).
- MODDERMAN, P.J.R. (1970): Linearbandkeramik aus Elsloo und Stein. - Analecta Praehist. Leidensia 3 ('S-Gravenhage).
- MODDERMAN, P.J.R. (1988): The Linear Pottery Culture: Diversity in Uniformity. - Ber. ROB 38:63-139.
- OPRAVIL, E. (1972): Vorläufiger Bericht über die Bestimmung der Holzfunde aus Mohelnice (Neolithikum, Äneolithikum). - Prehled Vyzkumu 1971:21-23.
- ORME, B.J. und COLES, J. (1985): Prehistoric woodworking from the Somerset Levels: 2. Species selection and prehistoric woodlands. - Somerset Levels Papers 11: 7-24.
- PAVUK, J. (1972): Neolithisches Gräberfeld in Nitra. - Slovenska Arch. 20:5-105.
- PAWLIK, A. (1992): Mikrogebrauchsspurenanalyse. Methoden - Forschungsstand - Neue Ergebnisse. - Urgeschichtliche Materialhefte 9 (Tübingen).
- PETERSEN, P.V. (1979): Trae til jaegernes redskaber. In: Vebaekprojektet. Ny og gammel forskning. - Söllerödbogen 1979:21-97.
- PETREQUIN, P. und PETREQUIN, A.-M. (1990): Haches de Yeleme, herminettes de Mumeysme. - Journal Soc. Océanistes 91:95-113.
- QUENTE, P. (1914): Steinzeitliche Ackerbaugeräte aus der Ostprignitz, Erdhacken und Pflüge, und ihre Schaftungsmöglichkeit. - Prähist. Zeitschr. 6:180-187.
- RICHTER, P.B. (1991): Experimentelle Archäologie: Ziele, Methoden und Aussage-Möglichkeiten. In: Fansa, M. (Bearb.) Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. - Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 6:19-49. (Oldenburg)
- RIETH, A. (1949/50): Geschliffene bandkeramische Steingeräte zur Holzbearbeitung. - Prähist. Zeitschr. 34:230-232.
- ROODENBERG, J. J. (1983): Traces d'utilisation sur les haches polies de Bouqras (Syrie). In: M.C. CAUVIN (Dir.) Traces d'utilisation sur les outils Néolithiques du Proche Orient. - Travaux de la Maison de l'Orient 5:177-185. (Lyon).
- RUTHENBERG, K. und KURZWEIL (1994): Infrarotspektren zur Charakterisierung von Teer und Pech. - Chemie in Labor und Biotechnik 45:4-7.
- SCHADWINKEL, H.-T. und HEINE, G. (1986): Das Werkzeug des Zimmermanns (Hannover).
- SCHIRNIG, H. (1979): Das „Huntedorf“ bei Lembruch am Dümmer. In: Großsteingräber in Niedersachsen. - Veröff. der urgesch. Sammlungen des Landesmuseums zu Hannover 24:235-238 (Hildesheim).
- SCHULDT, E. (1961): Hohen Viecheln. Deutsche Akademie der Wiss. zu Berlin. - Schriften der Sektion für Vor- und Frühgesch. 10 (Berlin).
- SCHWABEDISSEN, H. (1944): Die mittlere Steinzeit im westlichen Norddeutschland. - Vor- und frühgeschichtliche Untersuchungen aus dem Museum vorgeschichtlicher Altertümer in Kiel N.F. 7 (Neumünster).
- SCHWARZ-MACKENSEN, G. und SCHNEIDER, W. (1983): Wo liegen die Hauptliefergebiete für das Rohmaterial donauländischer Steinbeile und -äxte in Mitteleuropa? - Arch. Korrb. 13: 305-314.

- SCHWARZ-MACKENSEN, G. und SCHNEIDER, W. (1986): Petrographie und Herkunft des Rohmaterials neolithischer Steinbeile und -äxte im nördlichen Harzvorland. - Arch. Korrb. 16:29-44.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1975): Das Holz als Rohstoff in der Urgeschichte. - Helvetia Archaeologica 21: 2-15.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1976): Prähistorisches Holz. - *Academica Helvetica* 2 (Bern).
- SEGER, H. (1919): Die keramischen Stilarten der Jüngerer Steinzeit Schlesiens. - *Schlesiens Vorzeit in Bild und Schrift* N.F. 7:1-89.
- SEMENOV, S.A. (1964): Prehistoric Technology (Bradford-on-Avon).
- SIDERA, I. (1989): Un complément des données sur les sociétés rubanées: l'Industrie osseuse à Cuiry-lès-Chaudardes. - *BAR Intern. Series* 520.
- SMOLLA, G. (1960): Neolithische Kulturerscheinungen. - *Antiquitas* 2 (Bonn).
- SPINDLER, K. (1993): Der Mann im Eis (München).
- STEENSBERG, A. (1980): *New Guinea Gardens*. - Academic Press (London).
- STOTZER, M., SCHWEINGRUBER, F.H. und SEBEK, M. (1976): Prähistorisches Holzhandwerk. - *Mitteilungsblatt Schweiz. Ges. UFG* 27: 13-23.
- TRINGHAM, R., COOPER, G., ODELL, G.H., VOYTEK, B., WHITMAN, A. (1974): Experimentation in the Formation of Edge Angle Damage: A New Approach to Lithic Analysis. - *Journal of Field Archaeology* 1: 171-196.
- VAN ZEIST, W. (1957): Twee neolithische veenvondsten te Nieuw-Dordrecht. - *Nieuwe Drentse Volksalmanak* 75: 12-15.
- VERWORN, M. (1911): Die Ausgrabung des neolithischen Dorfes bei Diemarden. - *Korrb. Dt. Ges. Anthr., Ethnol. u. Urgesch.* 42: 46-52.
- WAALS, J.D. VAN DER (1964): Prehistoric disc wheels in The Netherlands (Groningen).
- WAHL, J. und KÖNIG, H.G. (1987): Anthropologisch-traumatologische Untersuchung der menschlichen Skelettreste aus dem bandkeramischen Massengrab von Talheim, Kr. Heilbronn. - *Fundber. Baden-Württemberg* 12, 65-193.
- WALTER, D. (1989): Frühe Bronzezeit. In: J. Herrmann (Hrsg.) *Archäologie in der Deutschen Demokratischen Republik* Band 1: 85-90 (Leipzig).
- WEINER, J. (1982): Utilisation et fabrication des herminettes rubanées. - *Notae Praehistoricae* 2: 149-156.
- WEINER, J. (1984): Der Lousberg in Aachen. Feuersteinbergbau in der Jungsteinzeit. - *Führer zur prähistorischen Abteilung Museum Burg Frankenberg Aachen* (Aachen).
- WEINER, J. (1990): Noch ein Experiment - zur Schäftung altneolithischer Dechselklingen. In: Fansa, M. (Bearb.) *Experimentelle Archäologie in Deutschland*. - *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland* Beiheft 4: 263-272.
- WEINER, J. (1993): Abfall, Holzgeräte und drei Brunnenkästen. Neue Ergebnisse der Ausgrabung des bandkeramischen Holzbrunnens. - *Archäologie im Rheinland* 1992: 27-30 (Köln).
- WEINER, J. (in Vorb.): Dechselklingen aus Feuerstein im jüngeren Neolithikum des Rheinlandes.
- WEINER, J. (1995): Eine zimmermannstechnische Glanzleistung: Der 7000 Jahre alte Eichenholzbrunnen aus Erkelenz-Kückhoven. In: H.G. Horn, H. Hellenkemper, H. Kaschik und B. Trier (Hrsg.) *Ein Land macht Geschichte*. *Archäologie in Nordrhein-Westfalen*. - *Schriften Bodendenkmalpfl. Nordrhein-Westfalen* 3: 179-187 (Mainz).
- WESSELKAMP, G. (1992): Neolithische Holzartefakte aus Schweizer Seeufersiedlungen. *Technik-Form-Gliederung* (Freiburg i.Br.).
- WILLERDING, U. (1980): Zum Ackerbau der Bandkeramiker. In: *Beiträge zur Archäologie Nordwestdeutschlands und Mitteleuropas*. - *Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens* 16: 421-456.
- WILLERDING, U. (1990): Zur Rekonstruktion der Vegetation im Umkreis früher Siedlungen. In: *Gedenkschrift für Jürgen Driehaus* (Mainz): 95-129.
- WINIGER, J. (1981a): Ein Beitrag zur Geschichte des Beils. - *Helvetia Archaeologica* 12:161-188.
- WINIGER, J. (1981b): Feldmeilen Vorderfeld. Der Übergang von der Pfyner zur Horgener Kultur. - *Antiqua* 8 (Basel).

Anschriften der Verfasser:

Jürgen Weiner M.A. (J.W.)
Rheinisches Amt für Bodendenkmalpflege
Endericher Str. 133, 53115 Bonn

Alfred Pawlik M.A. (A.P.)
Archaeotechnic, Institut für Urgeschichte
Schloß, 72070 Tübingen

Zeichnungen: Abb. 1, 5, 6: Naber, Rhein. Landesmuseum Bonn. Abb. 7: J. Weiner; Mikro-fotos: A. Pawlik

Schußversuche zur Wirkung und Schäftung einiger steinzeitlicher Projektilspitzen

Marquardt Lund und Christian Schürmann

Einleitung

Experimente dienen seit langem zur Überprüfung der hypothetischen Funktion von Steinartefakten, wobei durch Gebrauch unter „authentischen“ Versuchsbedingungen deren Eignung und Wirkung qualitativ erfaßt und mit anderen Ergebnissen verglichen werden kann.

Bei der experimentellen Untersuchung von Geschoßspitzen als Teile von Jagdgeräten bedeuten realitätsnahe Versuchsbedingungen konsequenterweise Tierkörperbeschuß. Diese Vorgehensweise hat allerdings den Nachteil, daß Tierkörper besonders inhomogen sind, und die Wirkung eines Projektils davon abhängig ist, ob grobfaseriges Material wie Muskelgewebe, feinfaseriges Material wie innere Organe, Knochen, Knorpel, Sehnen oder Hohlräume (Lungen oder Körperdurchschüsse) oder unterschiedlich starke Hautpartien die Eindringtiefe der Geschoßspitze bedingen (vgl. GUTHRIE 1983, 282).

Der vorliegende Beitrag zeigt zwei Beispiele, wie durch Abrücken vom Beschuß ganzer Tierkörper oder -hälften ein der Fragestellung entsprechender Versuchsaufbau gestaltet werden kann.

A. Versuche zum Vergleich der Wirkung unterschiedlicher neolithischer Pfeilspitzen

1. Fragestellung

Im Neolithikum treten als Geschoßbewehrungen u.a. querschneidige sowie dreieckige, flächenretuschierte Pfeilspitzen auf. Diese beiden wichtigsten Steinpfeilspitzen zeigen zum Teil erhebliche Größenunterschiede. Abgesehen von einer möglichen Verkleinerung ursprünglich größerer Spitzen durch Reparatur (vgl. z.B. FLENNIKEN u. RAYMOND 1986), stellt sich die Frage nach einem möglicherweise funktional bedingten Breitenunterschied. Die maximale Breite der schneidenden Kanten ist zunächst einmal die zweifellos wichtigste Variable hinsichtlich Eindringtiefe und Wundengröße bei ansonsten gleichen Voraussetzungen (BECKHOFF 1966, 55; FRIIS-HANSEN 1990, 495). Der für die Eindringtiefe entscheidende Vorteil der schneidenden Kanten wird dabei dahingehend interpretiert, daß durch ein Vorschneiden des Schußkanals der nachfolgende Teil des Projektils weniger starken Reibungskräften ausgesetzt ist, und somit der durch Verformung und Reibung entstehende Energieverlust möglichst gering gehalten wird. Dabei stellt sich die Frage, inwieweit unterschiedliche Spitzenbreiten bei ansonsten annähernd gleichen Voraussetzungen Auswirkungen auf Eindringtiefe und Wundoberfläche haben. Als Maß für die Wirkung einer Spitze soll hier vereinfacht die Schnittfläche eines Projektils gelten, das heißt, das Verhältnis der Eindringtiefe zur Breite des Schußkanals. Im Versuch sollten daher zunächst die Eindringtiefen unterschiedlicher Spitzenformen und -breiten in gleichem Material, bei gleichen Geschoßgewichten und Aufprallgeschwindigkeiten gemessen werden, um ihre jeweilige Penetrationswirkung zu vergleichen.

2. Versuchsaufbau

Um eine ausreichende Anzahl vergleichbarer Daten hinsichtlich der Eindringtiefen

der unterschiedlichen Spitzenformen in tierisches Gewebe zu erhalten, kam für die Verfasser aus oben genannten Gründen von vornherein kein Tierkörper als Zielobjekt in Frage. Um vergleichbare Versuchsbedingungen bei homogener Materialkonsistenz zu erreichen, wurde als künstliches Ziel ein quadratischer, mit Styropor ausgekleideter Holzkasten¹ von 50 cm Kantenlänge konstruiert und mit knochen- und knorpelfreien Rind- und Schweinefleisch² von 10 bis 30 cm Größe bestückt. Das Fleisch wurde sorgfältig aufgeschichtet, so daß augenscheinlich keine Hohlräume entstanden.

An der Vorderseite des Kastens wurde in einem Wechselrahmen ein gegerbtes Rinderfell von ca. 3 mm Stärke eingespannt, um die Haut eines potentiellen Jagdtieres zu simulieren. Als Rückwand wurde ebenfalls ein Fell verwendet. Somit ergab sich ein maximal 40 cm tiefes, 32 cm breites und ca. 35 cm hohes Ziel, das im Verlauf der Versuche niemals vollständig durchdrungen wurde. Die Haut saß dabei mit einer gewissen Spannung dem Fleisch auf und stand in der Mitte der Zielfläche etwas vor, so daß sich ein plastisches Bild ergab.

Die durchgehend 1 cm starken, mit einer dreifahnigen Befiederung versehenen Projektile bestanden ähnlich wie bei U. Stodiek's „Damhirsch Experiment“ (STODIEK 1993, 201ff) jeweils aus einem Vor- und Hauptschaft, die mittels einer im Schaft versenkten, 8 cm langen Aluminiumhülse zusammengesteckt wurden. Durch Einbringen von Blei in diese Steckverbindungen wurden mehrere, 69 cm lange Hauptschäfte auf jeweils 27, 30 und 33 g Gewicht getrimmt, so daß durch geeignete Kombination von Vor- und Hauptschaft unter Berücksichtigung der meßtechnischen Toleranzen jeweils ein Pfeilgewicht von 47 +/- 1 g gewährleistet war (Abb. 1).

Die Vergleichsbasis bildeten zwei Spitzentypen, Querschneider und bifazial retuschierte Spitzen dreieckiger Grundform, die in drei Breitenklassen von 1.5, 2.0 und 2.5 cm aus baltischem Flint angefertigt

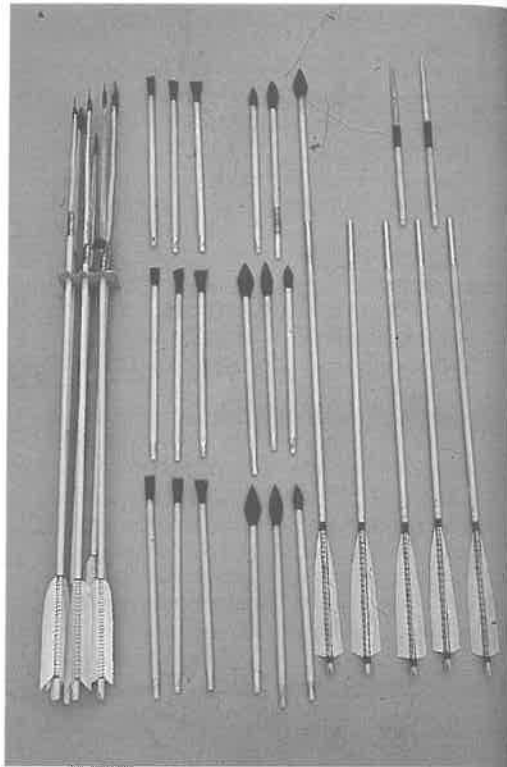


Abb. 1: Bei den Versuchen verwendete Projektile (alle Fotos: Verf.)

wurden. Von jedem Typ und jeder Breitenklasse fertigte einer der Verfasser (M.L.) jeweils drei weitestgehend gleiche Exemplare mit einer Breitentoleranz von 1 mm an, so daß für die Versuchsreihe 18 steinerne Projektilspitzen vorlagen. Für die Schäftung dieser Spitzen wurden Flachsschnur und im Vorfeld des Versuchs produziertes Birkenpech verwendet³. Die Querschneider wurden mit erhitztem Birkenpech in den ausgenommenen bzw. gespaltenen Enden von 1 cm starken Kiefernholzschäften so eingeklebt, wie es Originale mit erhaltenen Klebemittelresten nahelegen (BASTIAN 1962, 45 u. Abb. 42). Anschließend umwickelten wir die Verbindungsstellen mit Flachsschnur und überzogen diese nochmals mit einer Schicht Birkenpech. Die Schneiden ragten so nur wenige Millimeter aus der Kittfassung heraus, ähnlich wie es die Kittspuren eines Querschneiders von Egozwil 2 (STRÖBEL

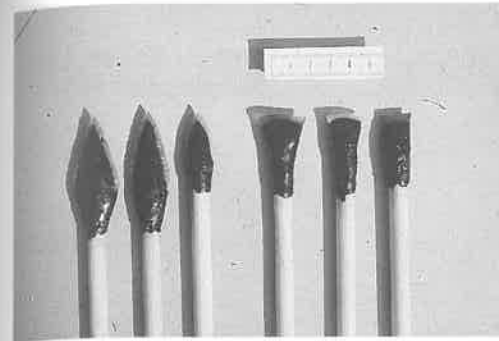


Abb. 2: Je ein Exemplar der verschiedenen Spitzenformen und -Größen

1939, Taf. 22.12) und die erhaltenen geschäfteten segmentförmigen Querschneider ägyptischer Fundorte zeigen (z. B. CLARK et al. 1974, Taf.5). Die derart montierten Geschößköpfe wiesen ihren größten Querschnitt 1-1.5 cm hinter der Schneide auf.

Die bifazial retuschierten Dreieckspitzen wurden in tiefere Schäftungsspalten bzw. -schlitze eingeklebt, unterhalb der Basis umwickelt und wiederum mit Birkenpech umkleidet, ähnlich erhaltenen Originalen (z.B. MÜLLER-BECK 1965, Abb. 172 / STRÖBEL 1939, Taf. 22. 1-6). Die so geschäfteten Geschößköpfe zeigten ihren größten Querschnitt im Bereich der Basis der Flintspitzen.

In allen Fällen überragten die schneidenden Kanten die Pechfassungen um 1-3 mm, wobei die breiteren Spitzen zum Teil ungleich mehr Kittmasse erforderten, was sich entsprechend auf das Volumen des kompletten Geschößkopfes auswirkte.

Zu Vergleichszwecken wurden noch zwei spitzkonische Geweihgeschößspitzen (Abb.1) von 14 cm Länge und 1 cm Stärke eingesetzt, die ebenfalls mit Flachs und Pechumkleidung geschäftet wurden und im Bereich der Verbindungsstelle einen max. Durchmesser von 11-12 mm zeigten.

Die montierten Pfeile erreichten so eine Länge von 95-100 cm, eine für prähistori-

sche Pfeile keineswegs ungewöhnliche Länge (z. B. TROELS-SMITH 1961). Auch die Pfeile des „Gletschermannes“ erreichen z.T. Längen von über 90 cm und Schaftstärken von 1.1 cm (SPINDLER 1993, 144-145) und dürften daher kaum wesentlich leichter als unsere Versuchspfeile gewesen sein.

Für die Schußversuche wurde eine von einem der Verfasser (C.S.) aus besonders ausgewähltem Bogenholz angefertigte Replik des Eibenbogens von Koldingen verwendet, der hinsichtlich der Jahrringanzahl und seinen Abmessungen mit den von Beckhoff rekonstruierten Maßen (BECKHOFF, 1977) weitgehend übereinstimmte. In Anbetracht der relativ kurzen Schußdistanz von 8 m wurde dieser Bogen mit einem auf 69 cm verringerten Auszug gewählt, was einem Zuggewicht von 19 kg entsprach.⁴

3. Versuchsdurchführung, Beobachtungen und Meßergebnisse

Zunächst wurden sämtliche Vorschäfte in zwei Serien abgeschossen, d. h. entsprechend der Auflistung in Abb. 3, zunächst die drei 1.5 cm breiten Querschneider, dann die 2 cm breiten usw. Dann wurden sämtliche Projektile nochmals in umgekehrter Reihenfolge auf das unveränderte Ziel abgeschossen (Abb. 4). Nach Durchlauf von jeweils zwei solcher Serien von insgesamt 36 Schuß wurde das Fell des Kastens gewechselt und der Inhalt des Kastens umgelagert, um Treffer in die entstandenen Einschußlöcher und Schußkanäle zu vermeiden, was während der Versuchsdurchführung auch nicht beobachtet wurde.

Um Ungenauigkeiten zu vermeiden, übernahm einer der Verfasser (M.L.) während der gesamten Versuchsdauer die Messung und Dokumentation, der andere (C.S.) die Vorbereitung und das Schießen der Projektile, wobei jeweils drei Pfeile in Folge geschossen, gezogen und die Eindringtiefen vermessen wurden (Abb. 5).

| Nr. | Typ /Br.- Klasse | Serie 1 | Serie 2 | Serie 3 | Serie 4 | Serie 5 | Serie 6 | Mittelwert der Projektile | Mittelwert der Breitenklasse |
|-----|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------|------------------------------|
| 1 | Querschn. 1.5 | 27 | 23 | 21,5 | 22,5 | 26 | 20,7 | 23,45 | |
| 2 | Querschn. 1.5 | 22,5 | 20,4 | 28,5 | 21 | 17,5 | 24,1 | 22,33 | 22,74 |
| 3 | Querschn. 1.5 | 24,5 | 23 | 18,5 | 25,5 | 23 | 20,2 | 22,45 | |
| 4 | Querschn. 2.0 | 26,5 | 30 | 26,3 | 22,2 | 21,1 | 18,2 | 24,05 | |
| 5 | Querschn. 2.0 | 28,5 | 27,8 | 19,2 | 19,7 | 20,8 | 26 | 23,67 | 23,97 |
| 6 | Querschn. 2.0 | 23 | 30,7 | 22,1 | 22 | 24 | 23,3 | 24,18 | |
| 7 | Querschn. 2.5 | 25,5 | 24,1 | 21,8 | 19,3 | 18,7 | 17,2 | 21,1 | |
| 8 | Querschn. 2.5 | 24 | 18,6 | 19,1 | 22,4 | 16,7 | 12,4 | 18,87 | 22,66 |
| 9 | Querschn. 2.5 | 29,3 | 32,6 | 28,8 | 24,5 | 25,9 | 27 | 28,02 | |
| 10 | Dreiecksp. 1.5 | 25,3 | 21 | 23 | 22,7 | 24,1 | 20,6 | 22,78 | |
| 11 | Dreiecksp. 1.5 | 25,1 | 24 | 24,3 | 27,2 | 20,3 | 20,9 | 23,63 | 22,22 |
| 12 | Dreiecksp. 1.5 | 23 | 20,1 | 24,3 | 24,6 | 13,1 | 16,3 | 20,23 | |
| 13 | Dreiecksp. 2.0 | 25,6 | 21,2 | | | | | 23,4 | |
| 14 | Dreiecksp. 2.0 | 26,6 | 27,2 | 31,3 | 26 | 26,7 | 20,8 | 26,43 | 24,84 |
| 15 | Dreiecksp. 2.0 | 22,2 | 27 | 23 | 26,4 | 22,7 | 21,1 | 23,73 | |
| 16 | Dreiecksp. 2.5 | 23,5 | 25,8 | 29,6 | 24,7 | 22,3 | 22,5 | 24,73 | |
| 17 | Dreiecksp. 2.5 | 27 | 16 | 21,5 | 16,7 | 22 | 20,9 | 20,68 | 23,85 |
| 18 | Dreiecksp. 2.5 | 27 | 24 | 27,1 | 25,8 | 28,1 | 24,9 | 26,15 | |
| 19 | Spitzkonische | 18,5 | 16,3 | 18 | 19,8 | 17,4 | 14,5 | 17,42 | |
| 20 | Spitzkonische | 17,5 | 17,5 | 17 | 16,5 | 18 | 17,5 | 17,3 | 17,36 |

Abb. 3: Meßwertetabelle

Während der ersten Schußserie wurden die Einschußlöcher der jeweiligen Projektile vermessen, wobei keine Unterschiede hinsichtlich der Breite der Einschüsse zwischen Querschneidern und Dreieckspitzen festgestellt werden konnten. Die Breiten der Einschußlöcher entsprachen stets mit einer Abweichung von höchstens 1 mm der Breite des verursachenden Geschosses. Ein Unterschied zwischen beiden Spitzentypen ließ sich jedoch bei den Einschüssen feststellen: Während die Querschneider entsprechend ihrer geraden Schneiden saubere, glatte Schnitte erzeugten, zeigten die bifazial retuschierten Spitzen deutlich unsauberere, leicht gewellte Schnittränder. Weiterhin ließ sich während des gesamten Versuchs feststellen, daß die Projektile in einigen Fällen nicht in der gleichen Ebene mit dem Einschußschnitt im Ziel steckten; ganz offensichtlich hatten sich einige von ihnen beim Eindringen gedreht. Ein Umstand, der nach Ansicht der Verfasser weniger auf die

übliche Rotation der Pfeile als auf ein Ablenken beim Eindringen zurückzuführen ist. Während der gesamten Versuchsdurchführung traten lediglich zwei deutlich sichtbare Beschädigungen durch Kontakt mit harten Materialien auf. Projektil Nr. 13 erlitt durch einen Fehlschuß auf die hölzerne Kastenumrandung irreparable Beschädigungen und Nr. 2 einen winzigen Abspliß durch Berührung mit einem im Ziel steckenden Schaft. Da die Beschädigung im letzteren Fall die Breite der Spitze nicht veränderte, wurde dieses Projektil weiterverwendet.

4. Auswertung der Ergebnisse

Um zu überprüfen, ob sich die zunehmende Perforation des Fleisches auf die Eindringtiefe ausgewirkt hat, lassen sich die durchschnittlichen Eindringtiefen jeder Serie vergleichen (Abb. 3). Dabei läßt sich ein Abfallen der Durchschnittswerte bis



Abb. 4: Praktische Durchführung der Schußversuche

zum Ende des Versuchsablaufs feststellen, wobei unklar ist, ob dieser Trend auf eine Abnutzung der Schneiden, die Verunreinigung der Schäfte durch anhaftende Gewebepartikel oder einen Leistungsabfall des Bogens im Verlauf des mehrstündigen Gebrauchs zurückzuführen ist.

Das Streuungsdiagramm (Abb. 6) überraschte in zweifacher Hinsicht: Erstens hatten wir nicht erwartet, daß für ein einzelnes Projektil zum Teil Differenzen von über 10 cm zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert zu messen waren. Zum zweiten differierten Projektile des selben Typs und derselben Breitenklasse untereinander in Einzelfällen eklatant (vgl. z. B. die Durchschnittswerte oder die Streuungen der Projektile 8 u. 9).

Diese Streuungen sind nach unserer Ansicht nicht auf herstellungsbedingte Unterschiede der kompletten Geschößköpfe zurückzuführen, da diese sich in ihren Ab-

messungen nahezu entsprachen. Möglicherweise haben sich trotz größter Sorgfalt bei der Herstellung hier geringe Abweichungen der Vorschäfte von den Hauptschäftachsen besonders stark ausgewirkt, nicht auszuschließen ist auch eine unzureichende Stabilisierung der Pfeile auf diese Entfernung.

Faßt man die Meßwerte der jeweils gleich ausgeformten Spitzen zusammen und bildet den Mittelwert, so unterscheiden sich die unterschiedlichen steinernen Spitzentypen und einzelnen Breitenklassen hinsichtlich ihrer Eindringtiefe nur unwesentlich (Abb. 7), heben sich aber in ihrer Gesamtheit von den spitzkonischen Geweihspitzen deutlicher ab (vgl. STODIEK 1993, 202). Auf den Spitzentyp bezogen läßt sich feststellen, daß innerhalb der 2-cm-Breitenklasse die jeweils größten Eindringtiefen erzielt wurden.

Allerdings darf aus den Mittelwerten der Eindringtiefen die Wirkung eines Projektils nicht ohne weiteres abgeleitet werden, da die angegebenen Meßwerte sich jeweils auf die äußerste Spitze beziehen. Dreieckspitzen müssen, um die gleiche Schnittfläche zu erzeugen, grundsätzlich etwas tiefer eindringen als Querschneider. Durch Vergleich der Umrißzeichnungen der verwendeten Spitzen auf Millimeterpapier ließ sich ermitteln, daß die Meßwerte der dreieckigen Spitzen bei gleicher Wirkung entsprechend ihrer Breite 0,6, 1,0, und 0,9 cm höher liegen müßten. Verringert man die jeweilige Eindringtiefe der Dreieckspitzen um diesen Faktor, so ergibt sich durch anschließende Multiplikation mit der Spitzenbreite die Schnittfläche des Schußkanals (Abb. 8).

Dabei könnte sich andeuten, daß bei abnehmender Spitzenbreite im Verhältnis zum Schaftdurchmesser die Querschneider bezüglich der Schnittflächen wirkungsvoller sind. Dies ließe sich dadurch erklären, daß die Querschneider beim Gleiten durch das Fasermaterial bereits eine größere Fläche vorgeschritten haben, bevor das durch das Schäftungsmaterial be-



Abb. 5: Zielaufbau

dingte Volumen des Geschoszkopfes verdrängt werden muß. Besonders bei der kleinsten Breitenklasse ist das Verhältnis der Schnittbreite zum Umfang des Projektils entscheidend für die auftretende Reibung. Zwar mag die graphische Darstellung (Abb. 8) zu einer derartigen Interpretation verführen, doch ist es nach Ansicht der Verfasser problematisch, theoretische Überlegungen zu Form-Funktions-Beziehungen mit der hier vorgelegten Datenbasis zu verknüpfen, zumal ein t-Test zur Ermittlung der Signifikanz dieser Mittelwertsunterschiede ergab, daß sie nicht gesichert unterschiedlich sind.

Sicher ist indessen, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen die Wirkung der Geschosse annähernd proportional zu ihrer Schneidenbreite stieg. Dies ist insofern überraschend, als das Eindringen des Pfeiles durch zwei Faktoren gebremst wird: Die bei der Schnittleistung verzehrte Energie und die Verdrängung des Geschosses. Eine größere Spitze schneidet einen breiteren Schußkanal und verringert dadurch die Reibung des nachfolgenden Schaftes. Im vorliegenden Versuch hat offenbar der Vorteil eines breiteren Schußkanals den Energieverlust durch höhere Schnittleistung kompensiert.

Bei der Beurteilung der Wirkung unterschiedlicher Spitzenbreiten bot sich zunächst ihre Bewertung nach dem von J. Friis-Hansen vorgestellten „cutting efficiency index“ an (FRIIS-HANSEN 1990, 499). Dabei bildet der Quotient aus dem geometrischen Umfang der Spitze und dem Schaftumfang einen Parameter für die Verdrängung, das Verhältnis von Querschnittsfläche der Spitze und dem Schaftquerschnitt einen weiteren Parameter für die Schneidwirkung. Das Verhältnis dieser Größen zueinander ergibt dann das Maß für die Effektivität einer Geschosspitze. Eine Anwendung dieses Verfahrens auf die Testspitzen führte zu einer Beurteilung, die wegen des großen Querschnittes der Pechummantelung so schlecht war, daß sie das Bewertungssystem für Steinspitzen nicht mehr erfaßte. Auch wenn das Befestigungsmaterial zum Schaftdurchmesser hinzugerechnet würde, ergibt sich selbst für die breitesten Spitzen ein Index, der sie überwiegend als „poor“ oder gerade noch als „fair“ klassifiziert. Deshalb erscheint es - vor allem aufgrund der Tatsache, daß die im Versuch verwendeten Spitzenschäftungen nach archäologischen Befunden rekonstruiert wurden - wenig sinnvoll, eine Bewertung prähistorischer Spitzen nach diesem Schema vorzunehmen, wenn ihr

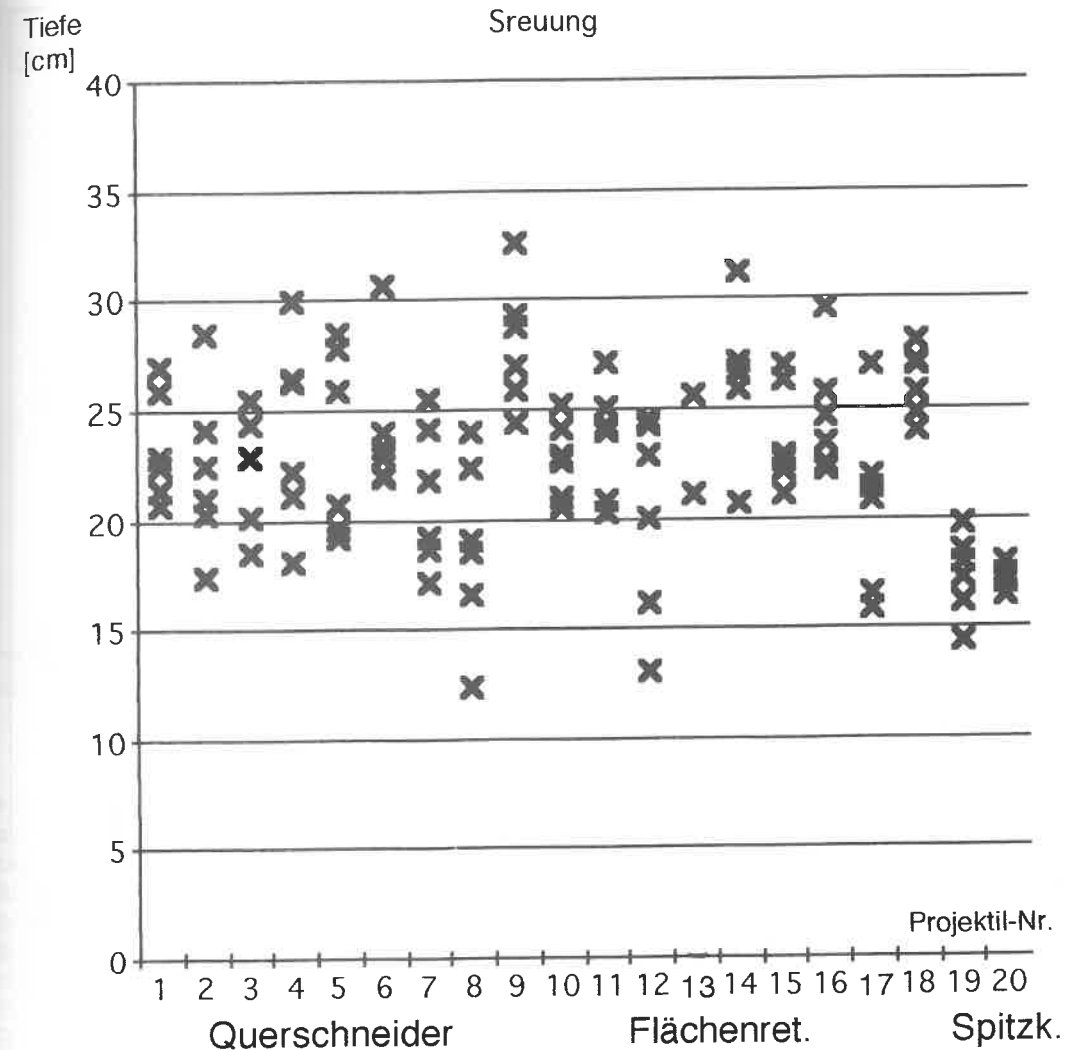


Abb. 6: Streuungsdiagramm der Eindringtiefen

Querschnitt, wie in diesem Fall, nicht nur durch die Schaft- und Spitzenstärke, sondern besonders durch das Befestigungsmaterial bestimmt wird (Abb. 9).

Es stellt sich die Frage, welche Vorteile kleinere und schmalere Spitzen bieten könnten, wie sie im Fundgut recht häufig vertreten sind. In Frage kommt für kleine Spitzen sowohl eine Verwendung für besonders kleine Tiere, um nicht „mit Kano-

nen auf Spatzen zu Schießen“, als auch die Jagd auf Großwild mit besonders engem Rippenabstand. Ausgehend von unserem Versuch könnte jedoch mit einer besonderen „Tiefenwirkung“ kleinerer Steinprojektilspitzen bei gleichen Ausgangsbedingungen nicht argumentiert werden. Selbstverständlich sind aber auch andere, nicht in erster Linie wirkungsbezogene Faktoren für die Dimensionierung der archäologischen Pfeilspitzen in Betracht zu

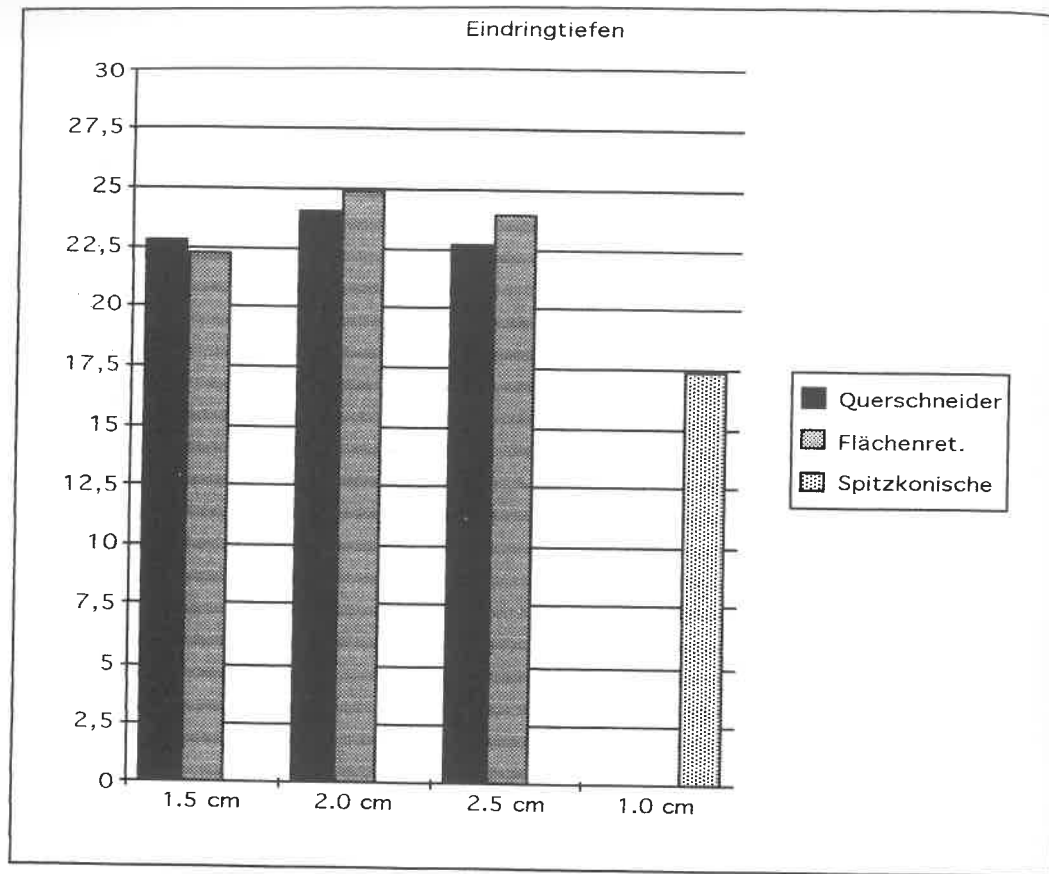


Abb. 7: Eindringtiefen-Mittelwerte

ziehen, wie z.B. Rohmaterialverfügbarkeit, Reparaturen oder Beschädigungsempfindlichkeit beim Transport im Köcher.

B. Versuche zur möglichen Funktion spindelförmiger Rengeweiherfakte als Vorschäfte für Kerbspitzen der „Hamburger Kultur“

1. Fragestellung

Bei A. Rusts bekannten Ausgrabungen der Teichablagerungen des Fundplatzes Stellmoor wurden in der unteren Fundschicht, die der „Hamburger Kultur“ zugewiesen werden konnte, drei relativ lange (22.8-28.8

cm) und im Querschnitt kreisrunde, spindelförmige Rengeweiherfakte mit größten Durchmessern von 0.8 bis 1.2 cm geborgen (RUST 1943, 126, 129, Taf. 26. 1-3), die ihren Beschädigungen nach offensichtlich erheblichen Gewalteinwirkungen ausgesetzt waren. Zwei dieser Stücke sind am erhaltenen Basalende mit beidseitigen Abschrägungen versehen, wie sie für zentrisch auf einem Holzschafte befestigte Geschoßteile typisch sind (vgl. STODIEK 1993, 171). In zwei Fällen stellte der Ausgräber an den Distalenden „eingestichelte“ (RUST 1943, 129), schräg zur Längsachse der Stücke orientierte Nuten unterschiedlicher Abmessungen fest. Das einzige unbeschädigte derartige Endstück zeigt eine 1 cm lange, 0.3 cm breite und 0.2 cm tiefe

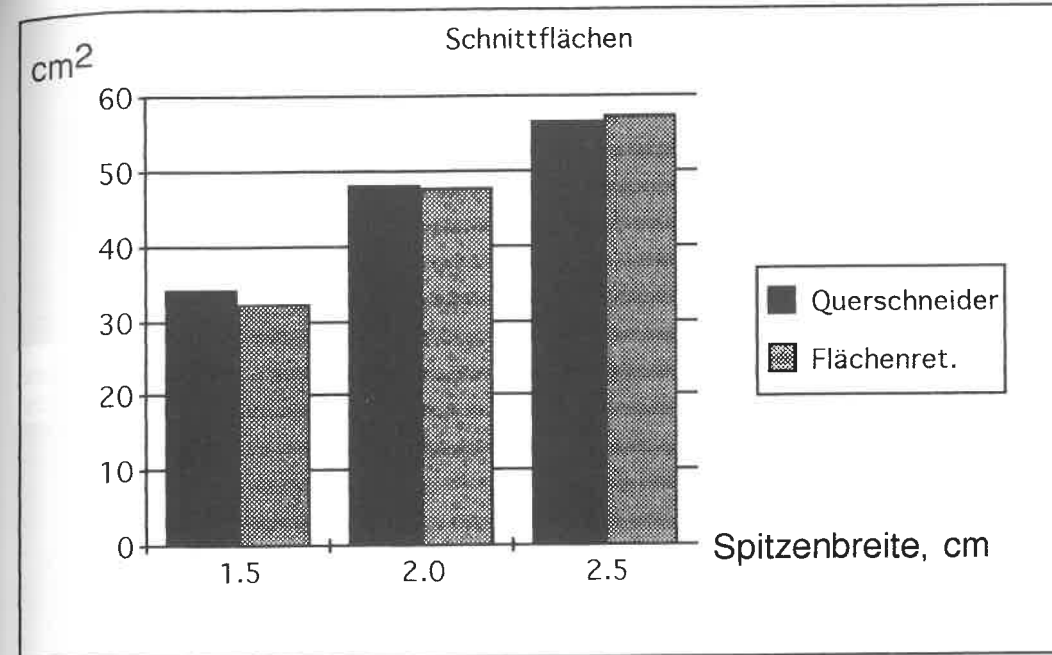


Abb. 8: Schnittflächen-Mittelwerte

Nut und ist an seinem äußersten Ende scharf angeschliffen, während ein anderes beschädigtes Objekt von deutlich größeren Abmessungen im Bereich der Nut abgebrochen ist. In der gleichen Fundschicht fanden sich auch fünf teilweise beschädigte Kerbspitzen, davon eine in einem Renwirbel steckend (RUST 1943, Fig. 3). Bei einer neueren Untersuchung des Knochenmaterials aus derselben Fundschicht konnte B. Bratlund noch weitere Schußfrakturen mit eingebetteten Flintresten feststellen (BRATLUND 1990, 24-25).

Diese Rengeweiherfakte werden von einem der Verfasser als Vorschäfte für Kerbspitzen interpretiert (LUND 1993), wonach die Nuten letztlich den „Negativabdruck“ der gebogenen bis gradlinig verlaufenden Halskerben-Retuschebahnen darstellen. Als Hilfsmittel zur Fixierung der Spitzen wird dabei je nach Ausformung des Basalbereiches von Bindematerialien und kittartigen Klebmassen ausgegangen. Bei bisherigen Schäftungsrekonstruk-

tionen und Versuchen mit Hamburger Kerbspitzen (RUST 1978, 58-59; BECKHOFF 1967; STODIEK 1985; MOSS 1988, 403-404; STODIEK 1993, 202) wurde bislang stets von einem Einsetzen in einen hölzernen Schaft ausgegangen, und nur in einem Fall (STODIEK 1985, 125) zog einer der Autoren eine vergleichbare laterale Einsatzschäftung in Erwägung.⁷

Mit den nachfolgend geschilderten Versuchen sollte die Funktionstüchtigkeit dieser neu vorgeschlagenen Schäftungsvariante einmal in der „Praxis“ untersucht werden.

2. Versuchsaufbau

Zunächst fertigte einer der Verfasser (M.L.) aus relativ frischem finnischen Rengeweiher sechs spindelförmige Vorschäfte unterschiedlicher Abmessungen an.

Sämtliche Exemplare bestanden zwischen einem Fünftel bis etwa zur Hälfte ihrer ma-

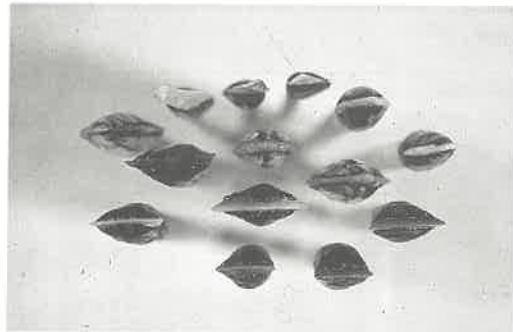


Abb. 9: Einige Projektile von vorne, obere Reihe: Kerbspitzen

ximalen Stärke aus Spongiosa und mußten zunächst durch Einweichen und anschließendes Trocknen in begradigter Form gerichtet werden. Die Distalenden erhielten schräg zur Längsachse orientierte 1-1.3 cm lange, 0.3 cm breite und 0.2 cm tiefe Nuten von U- bis V-förmigem Querschnitt und wurden am Ende scharf angeschliffen. (Abb. 10)

Im Bereich der Nuten wiesen die Stücke Durchmesser von 0.35-0.5 cm auf. In die derart ausgeformten Lager der Vorschäfte Nr. 1-5 wurden 3.4-5.2 cm lange Kerbspitzen der „klassischen“ Hamburger Form mittels Birkenpech eingeklebt und im Bereich der „Stiele“ mit Birkenpech umkleidet (Abb. 11), so daß die unbearbeitete Lateralkante immer noch ein wenig aus der Kittmasse herausragte, wie es ähnlich auch der eingeklebte Spitzenmikrolith des Pfeils von Lilla Loshult zeigt (MALMER 1969, Abb.1), der letztlich nur eine „verkleinerte Ausgabe“ einer spätjungpaläolithischen geknickten Rückenspitze ist.⁸ Vorschäft 6 wurde dagegen ausschließlich mittels Sehnenwicklung eine Kerbspitze mit retuschierter Hohlucht aufgebunden.

Diese Vorschäfte konnten dann mit Hilfe von Birkenpech in V-förmige Schäftungsschlitz 1 cm starker und mit einer dreifah-nigen Befiederung versehener Kiefernholz-pfeile eingeklebt werden und erhielten hier noch eine Sehnenwicklung.

Die komplett montierten Projektile (Abb. 1)

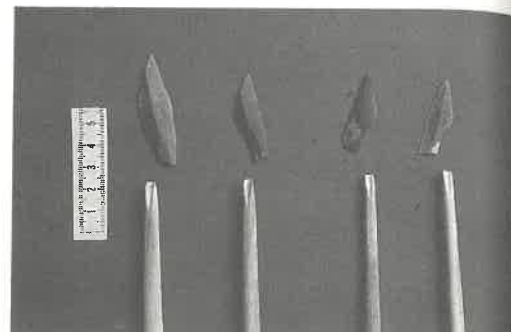


Abb. 10: Vorbereitete Vorschäft-Distalenden



Abb. 11: Schäftung der Kerbspitzen mit Birkenpech

erreichten so Längen von 89-95 cm, und -bedingt durch die unterschiedlich ausgeformten Vorschäfte - die unten (Abb. 12) genannten Gewichte von 49-65 g. Durch das höhere spezifische Gewicht des Ren-geweihns und der Spitzen gegenüber dem Holz des Schaftes lag der Schwerpunkt der Geschosse im vorderen Drittel, etwa im Bereich der Vor- und Hauptschaftverbindung.

3. Versuchsdurchführung, Beobachtungen und Meßergebnisse

Um zunächst einen „weichen“ Aufprall zu simulieren, wurden die Projektile nach Be-ndigung des vorhergehenden Versuchs unter vergleichbaren Bedingungen (gleicher Bogen und gleiche Schußentfernung) auf das gleiche Ziel geschossen.

Die montierten Projektile wurden insge-

| Vorschäft: | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Länge, cm: | 28 | 30 | 27 | 29.5 | 22 | 26 |
| Dicke (max.), cm: | 1 | 0.9 | 0.95 | 1.1 | 0.95 | 1 |
| Gewicht (mit Hauptsch.), g: | 54 | 53 | 49 | 65 | 50 | 51 |
| Eindringtiefe, cm 1: | 28.2 | 25.6 | 27.2 | 25.2 | 28.3 | 27.5 |
| 2: | 25 | 25.6 | 27 | 29.5 | | 26.1 |
| 3: | 28.2 | 27.6 | | | | |

Abb. 12: Maße der Vorschäfte und Meßwerte ihrer Eindringtiefen bei weichem Aufprall

samt dreizehnmal auf diesen Zielaufbau abgeschossen und drangen stets bis zur Verbindung von Haupt- und Vorschäft, teilweise auch geringfügig darüberhinaus, ein. In zwei Fällen traten Beschädigungen auf: Beim Ziehen eines der Projektile (V 3) stellten wir fest, daß die Kerbspitze nach dem dritten Schuß im Bereich der Halskerbe direkt oberhalb des Schaftendes bündig mit der Birkenpechumkleidung abgebrochen war (einfacher transversaler Bruch), wobei der Spitzenstiel dabei noch fest in der Pechfassung verankert blieb (Abb. 15). Das Spitzendistalbruchstück wies keine weiteren makroskopisch erkennbaren Beschädigungen auf, die eigentliche Ursache für die Beschädigung ist unklar.

Bei Vorschäft 6, dessen Bewehrung ausschließlich mittels Sehnenwicklung befestigt war, hatte sich die Spitze nach dem zweiten Schuß durch Aufweichen dieser Wicklung gelockert.

Anschließend wurden Zielaufbau und Schußentfernung geändert, um einen „harten“ Aufprall zu simulieren. Als Ziel diente nun ein aus einer Schweinehälfte geschnittenes Stück des Vorderkörpers, bei dem noch Haut, Rippen und die bei der Zerlegung im Schlachthof der Länge nach aufgesägten Wirbelkörper im Verband vorhanden waren. Diesem wurde ein Abschnitt geerbten Rentierfells mit ca. 4 mm Hautstärke aufgezogen. Auf dieses Ziel wurden nun die bislang intakt gebliebenen Projektile noch weitere neunmal aus unmittelbarer Nähe abgeschossen, bis weitere, die Verwendung ausschließende Beschädigungen auftraten.

Vorschäft 1 durchdrang dabei zweimal das gesamte Arrangement bis zum Hauptschaftansatz und blieb unbeschädigt (Abb. 13). Die Spitze hatte offensichtlich keinen Knochenkontakt.

Vorschäft 2 durchdrang beim ersten Schuß auf gleiche Weise das Ziel und blieb unbeschädigt. Erst der zweite Schuß traf mittig in eine schräg zur Schußrichtung liegende Rippe, wobei der Pfeil ganz offensichtlich abrupt aus der Flugbahn gedrängt wurde. Während alle übrigen Geschosse relativ gerade, in ursprünglicher Schußrichtung im Ziel steckten, zeigte sich in diesem Fall ein deutlich abweichender Winkel. Außerdem war der Pfeil während des Auftreffens mit einem vernehmbaren Knacken im Bereich der Vor- und Hauptschaftverbindung abgebrochen, ein Umstand, der wohl auf das schräge Auftreffen, bzw. auf ein Ablenken des Projektils zurückzuführen ist (vgl. BECKHOFF 1966, 39). Dabei wurden Vor- und Hauptschaft nicht durch Lösen der Kontaktflächen, sondern durch einen quer durch die Verbindung verlaufenden Bruch getrennt (Abb. 14). Hier kam es im unteren Teil der Abschrägungen zu einer interessanten Beschädigung: Ein kleiner Teil brach schräg ab, ähnlich wie es eines der betreffenden Geweihobjekte vom Fundplatz Stellmoor zeigt (RUST 1943, Taf. 26. 2b). Die Kerbspitze selbst zerbrach in zahlreiche kleine Fragmente, von der Rippe wurden Knochensplitter abgesprengt, und vom Vorschäftdistalende löste sich das äußerste Stück von ca. 1 cm Länge mit dem größten Teil der Nut in Form einer „bending fracture“ (Abb. 15) ab. Im Bereich dieser Beschädigung zeigt der Vorschäft

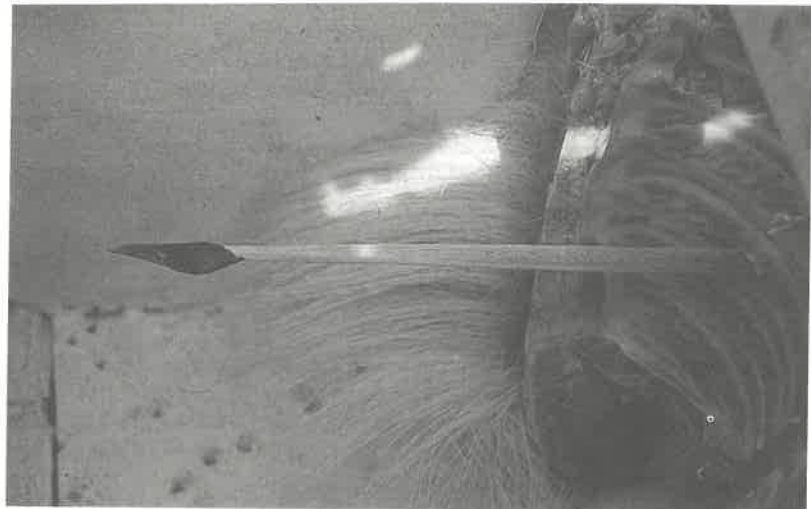


Abb. 13:
Unbeschädigt durch
den Rippenbereich
gedrungene Kerb-
spitze

einen Durchmesser von 4 x 5 mm. Der so verbliebene Vorschaft drang etwa 1.5 cm in den spongiosen Hohlraum ein und spaltete die gegenüberliegende Rippenfläche auf, drang aber nicht mehr hindurch.

Vorschaft vier durchschlug das Ziel beim ersten Schuß unbeschädigt und daher höchstwahrscheinlich auch ohne Knochenkontakt. Der zweite Schuß traf den Wirbel-Rippen-Übergangsbereich und durchdrang nicht das gesamte Ziel. Von der inneren Bauchseite aus ließ sich kein Geschößteil erkennen.

Schließlich wurde noch der bis zu diesem Zeitpunkt unbeschädigt gebliebene Pfeil mit Vorschaft 1 ebenfalls auf diese Zielregion abgeschossen. Das Projektil durchschlug das Arrangement bis etwa zur Mitte des Vorschaftes, und die mit anhaftenden Pechresten abgelöste Kerbspitze fand sich hinter dem Ziel im Kasten liegend. Im Bereich der retuschierten Spitzenabschrägung zeigten sich einzelne ventrale Absplittierungen, und auch die gegenüberliegende Lateralkante wies kleinere Ausbrüche auf.

Beim anschließenden Zerlegen dieser Region wurde festgestellt, daß sich die Schußkanäle beider Projektilen regelrecht

„schnitten“. In einem Bereich dicht hinter dem unbeschädigten Distalende des Vorschaftes 4 fand sich in einer Häufung kleinerer Pechfragmente die zugehörige Kerbspitze. Diese zeigte neben geringfügigen Ausbrüchen am der unbearbeiteten Lateralkante gegenüberliegenden „Flügel“ ein abgebrochenes Terminalende mit geringen „spin-off fractures“ (vgl. FISCHER et al. 1984, 22 ff.). Der Vorschaft selbst wies ca. 4.4 cm hinter dem Distalende einen 3 mm langen Schnitt auf, der höchstwahrscheinlich durch das eindringende Projektil mit dem Vorschaft 1 hervorgerufen wurde. Beide Vorschafte zeigten am Distalende anschließend geringfügige Durchbiegungen, die möglicherweise auf den hier längeren Kontakt mit Gewebeflüssigkeiten (Zurückbiegen in die ursprüngliche Form des Rengeweihs) oder aber durch den harten Aufprall erklärt werden können. Vorschaft 5 durchdrang das Arrangement ebenfalls beim ersten Schuß unbeschädigt und offensichtlich ohne Knochenkontakt. Beim zweiten Schuß drang der Pfeil ebenfalls bis zur Sehnenbindung ein, allerdings fiel die Kerbspitze mit anhaftenden Pechresten hinter dem Ziel in den mit Styropor ausgekleideten Kasten. Die Spitze zeigte direkt unterhalb des Terminalendes geringfügige dorsale Aussplittierungen an der un-



Abb. 14: Quer durch die Vor- und Hauptschaft-
verbindung verlaufender Bruch

bearbeiteten Lateralkante. Wir nehmen an, daß die Spitze durch einen Streifschuß an der Rippe abgelöst wurde. Von vier Knochentreffern war nach dem Abkochen der betreffenden Teile nur einer als Schußfraktur zu identifizieren, da das Distalende des Vorschaftes im spongiosen Inneren der Rippe einen Abdruck hinterlassen hatte. Bei den drei übrigen Treffern handelte es sich stets um Streifschüsse an den Knochen, die lediglich kurze schnittartige Spuren hinterließen (vgl. BRATLUND 1990, 15 u. 1991, 45).

4. Interpretation der Ergebnisse

Hinsichtlich der möglichen Vorschafte deutet sich folgendes an:

Bei einem Streifschuß an Rippen oder anderen massiveren Knochen löst sich die Spitze mit einem großen Teil der Kittumkleidung ab, der scharfe Geweihvorschaft wirkt beim weiteren Eindringen ähnlich einer spitzkonischen Geschößspitze. Bei zusätzlicher Verwendung von Bindematerialien könnten hier selbstverständlich andere Bedingungen vorliegen.

Aufgrund des widerstandsfähigen Vorschaftmaterials ist dieses Projektilteil weniger beschadigungsgefährdet als bei Verwendung von z.B. Kiefernholz und erlaubt daher auch verhältnismäßig geringe Durchmesser.⁹ Im Bereich der Nuten dürften bei



Abb. 15: Beschädigte Vorschaften (v.l.: V1-V6)

einem harten Aufprall am ehesten Beschädigungen zu erwarten sein.

Beschädigte oder abgelöste Spitzen lassen sich schnell und unkompliziert austauschen, da die Einsatz-Nut wenig prononciert gestaltet ist und der „anatomisch“ anzupassende Teil der Spitze durch einfache Kantenretusche entsprechend schnell ausgeformt werden kann. Bei der Schäftung der Kerbspitzen hat es sich bewährt, zunächst die Spitzenabschrägung vorzunehmen und anschließend die Halskerbe entsprechend zu „trimmen“, um eine mittelständige Schäftungposition zu erzielen. Je nach Biegung der Grundform und den Nutabmessungen wird die Halskerbe dann von der Ventral- oder Dorsalseite aus retuschiert.

Die Frage, welchen Projektiltyp - Pfeil oder Speer - die betreffenden Funde vom Fundplatz Stellmoor repräsentieren, ist gegenwärtig nicht sicher zu beantworten. Es ist nicht auszuschließen, daß diesen Geschößteilen noch weitere schneidende Kanten aufgeklebt wurden.

Zu den hier präsentierten Schußversuchen mit Hamburger Kerbspitzen und Rengeweihschaften ist festzuhalten, daß derartige Vorschaft-Spitzenverbindungen zweifellos eine ausreichende Stabilität zeigen, wenn eine qualitätvolle kittartige Klebemasse (Birkenpech) in ausreichender Menge verwendet wird.

Anmerkungen:

- 1) Die Idee, einen Schußkasten zu konstruieren, geht auf S. Pope zurück (POPE 1962, 55).
- 2) Wir möchten an dieser Stelle Herrn Dr. Fuchs (Veterinäramt Hamburg) danken, der uns dieses für den menschlichen Verzehr ungeeignete, aber ansonsten tadellose Material zeitweise zur Verfügung gestellt hat.
- 3) Das Birkenpech wurde nach dem gleichen Prinzip produziert, wie von J. Weiner (1988) beschrieben.
- 4) Im Versuchsaufbau war vorgesehen, die Geschößgeschwindigkeit unmittelbar vor dem Ziel zu messen, um die kinetische Energie des Geschosses zu ermitteln. Mehrere von uns beschaffte handelsübliche Geschößgeschwindigkeitsmesser gleicher Bauart erwiesen sich jedoch für diesen Zweck als ungeeignet.
- 5) Dieses Ergebnis korrespondiert mit den Beobachtungen H. Paulsens: „Ein Unterschied in der Wirkung von querschnittigen und dreieckigen Spitzen war augenscheinlich nicht zu erkennen.“ (PAULSEN 1990, 303).
- 6) Vorschäfte aus beinernen Materialien wie z.B. Rengeweihe waren bei subrezentem arktischen Ethnien häufig in Gebrauch (z.B. BOAS 1964, 96 / TAYLOR 1974, 65ff), wobei zum Teil symmetrische, bifazial gearbeitete Spitzen in einseitige Ausnehmungen fazial eingesetzt wurden (BOAS 1901, 68). Ähnliche Vorschäft-Spitzenverbindungen sind auch vom Gräberfeld Olenji Ostrow in Karelilien bekannt (GURINA 1956, 80-81).
- 7) Für die bekannten Solutréen-Kerbspitzen wird ein ähnliches Schäftungsprinzip angenommen (GENESTE u. PLISSON 1986, 24-25). Zu den mit diesen Spitzentypen durchgeführten Schußversuchen (CHAPTAL 1989, / PLISSON u. GENESTE 1989, 93), ist anzumerken, daß die von diesen Autoren vorgenommene Verknüpfung der Bruchformen mit den unterschiedlichen zur Schäftung verwendeten Hilfsmitteln insofern problematisch ist, als daß ein stabilerer Klebstoff, der zudem noch in anderer Menge aufgetragen wird, hier völlig andere Ergebnisse zeigen könnte.
- 8) In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß zahlreiche Kerbspitzen und auch die verwandten Havelte-Spitzen noch besondere Ausformungen des Basisbereiches zeigen, die auf zusätzliche Bindungen hinweisen, und die daher sicher noch wesentlich stabiler fixiert werden könnten.
- 9) Äußerst geringe Vorschäftdurchmesser im Schäftungsbereich der Spitzen (ca. 3 mm) finden sich beispielsweise bei ägyptischen Hartholzvorschäften, denen u.a. segmentförmige Querschneider aufgeklebt wurden (CLARK et al. 1974, 333).

Literatur:

- BASTIAN, W. (1962): Das jungsteinzeitliche Gräberfeld von Ostorf- Bodendenkmalpflege Mecklenburg. Jahrbuch 1961, 7-130.
- BECKHOFF, K. (1966): Zur Morphogenese der steinzeitlichen Pfeilspitze. In: Die Kunde N.F. 17, 34-65.

- BECKHOFF, K. (1967): Zur jungpaläolithischen Kerbspitze. In: Die Kunde N.F.18, 8-15.
- BECKHOFF, K. (1977): Der Eibenbogen von Koldingen, Stadt Pattensen, Ldkr. Hannover. In: Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 46, 177-188.
- BOAS, F. (1901): The Eskimo of Baffin Land and Hudson Bay. Bulletin of the American Museum of Natural History Vol. 15, New York.
- BOAS, F. (1964): The Central Eskimo. Lincoln, Nebraska.
- BRATLUND, B. (1990): Rentierjagd im Spätglazial. Eine Untersuchung der Jagdfrakturen an Rentierknochen von Meiendorf und Stellmoor, Kreis Stormarn. In: Offa Bd. 47, 7-34
- BRATLUND, B. (1991): Die spätglazialen „Opfertiere“ von Meiendorf und Stellmoor, Kreis Stormarn. In: Offa Bd 48, 41-73.
- CHAPTAL, F. (1989): Les chasseurs à l'arc Solutréens. Archéologica. Préhistoire et Archéologie 246, 40-47.
- CLARK, J.D., PHILLIPS, J.L. u. STANLEY, P.S. (1974): Interpretations of Prehistoric Technology from Ancient Egyptian and other Sources. Part I. Ancient Egyptian Bows and Arrows and their Relevance for African Prehistory. In: Paleorient Vol. 2, 323-388.
- FISCHER, A. ; HANSEN, P.V. u. RASMUSSEN, P. (1984): Macro and Micro Wear Traces on Lithic Projectile Points. In: Journal of Danish Archaeology Vol. 3, 19-46.
- FLENNIKEN, J.J. u. RAYMOND, A.W. (1986): Morphological Projectile Point Typology: Replication Experimentation and Technological Analysis. In: American Antiquity 51, 603-614.
- FRIIS-HANSEN, J. (1990): Mesolithic cutting arrows: functional analysis of arrows used in hunting of large game. In: Antiquity Vol. 64/Nr. 244, 494-504.
- GENESTE, J.M. u. PLISSON, H. (1986): Le Solutréen de la Grotte de Combe Saunière 1(Dordogne) première approche paléolithique. In: Gallia Préhistoire Tome 29, 9-27.
- GURINA, N.N. (1956): Oleneostrowskii mogil'nik (Das Gräberfeld von Olenji Ostrow). Materialy Moskva - Leningrad 47.
- GUTHRIE, R.D. (1983): Osseous projectile points: biological considerations affecting raw material selection and design among paleolithic and paleoindian peoples. In: J. Clutton-Brock u. C. Grigson (eds.)- Animals and Archaeology 1. Hunters and their prey. BAR International Series 163, 373-294. Oxford.
- LUND, M. (1993 im Druck): Vorschäfte für Kerbspitzen der Hamburger Kultur. Arch. Korrb. 23, 405-411.
- MALMER, M.P. (1969): Die Mikrolithen in dem Pfeil-Fund von Loshult. In: Medd. f. Lunds Univ. Hist. Mus. 1966-68, 249-255.
- MOSS, E. (1988): Techno-Functional Studies of the Hamburgian from Oldeholdwolde, Friesland, The Netherlands. In: M. Otte (ed.) - De la Loire à l'Oder. Les Civilisations du Paléolithique final dans le nord-ouest européen. (Actes du colloque de Liege Dec. 1985). BAR Int. Series 444 (Bd.2). Oxford, 399-426.
- MÜLLER-BECK, H. (1965): Seeberg Burgäschi-see-Süd. Teil 5, Holzgeräte und Holzbearbeitung. Acta Bernensia II. Bern.
- PAULSEN H. (1990): Schußversuche mit einem Nachbau des Bogens von Koldingen, Ldkr. Hannover. In: M. Fansa (Bearb.) - Experimentelle Archäologie in Deutschland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland. Beiheft 4, 298-305.
- PLISSON, H. u. GENESTE, J.M. (1989): Analyse technologique des pointes à cran solutréen du Placard (Charente), du Fourneau du Diable, du Pech de la Boissière et de Combe Saunière (Dordogne) In: Paléo Nr. 1, 65-106.
- POPE, S. (1962): Bows and Arrows. (Reprint Edition v. 1923). Berkeley u. Los Angeles.
- RUST, A. (1943): Die alt- und mittelsteinzeitlichen Funde von Stellmoor. Neumünster.

- RUST, A. (1978): Vor 20 000 Jahren. Rentierjäger der Eiszeit. 4. Auflg. Neumünster.
- SPINDLER, K. (1993): Der Mann im Eis. München
- STODIEK, U. (1985): Fußgönheim. Zwei jungpaläolithische Fundplätze in der Vorderpfalz. Unpublizierte Magisterarbeit, Köln.
- STODIEK, U. (1993): Zur Technologie der jungpaläolithischen Speerschleuder. Tübingen.
- STRÖBEL, R. (1939): Die Feuersteingeräte der Pfahlbaukultur. Mannus Bücher 66.
- TAYLOR, J.G. (1974): Netsilik Eskimo Material Culture. Oslo, Bergen und Tromsø.
- TROELS-SMITH, J. (1961): Et pileskæft fra tidlig Maglemosetid. Aarboger 1961, 122-146.
- WEINER, J. (1988): Praktische Versuche zur Herstellung und Verwendung von Birkenpech. In: Arch. Korrb. 18, 329-334.

Adressen der Verfasser:

Marquardt Lund
Mendelsohnstr. 54
22761 Hamburg

Christian Schürmann
Lilienstr. 14
23558 Lübeck

Herstellung und Einsatz von spätneolithischen Hirschgeweihäxten

Robert Pleyer

Bei der Freilegung einer Feuchtbodensiedlung der Altheimer Kultur in Ergolding-Fischergasse bei Landshut wurden eine Reihe gut erhaltener Äxte und Hämmer aus Hirschgeweih gefunden. Die Geräte zeigten starke Gebrauchsspuren. Hirschgeweih gilt als zähes Material, aber ist es auch ähnlich dem Stein als Axt z. B. zum Bearbeiten von Holz einsetzbar? Beschreibung der Äxte und Hämmer Die Äxte wurden, von wenigen Ausnahmen abgesehen, aus dem Bereich der Rose und Stange gefertigt. Die durchschnittliche Länge der Äxte betrug 15-20 cm. Die Augensprossen waren angesägt und absichtlich abgebrochen worden. Manche Bruchstelle ist überschliffen. Die Schneide ist schräg aus der Stange geschnitten worden, Schabe und Schnittspuren sind deutlich zu sehen. Das zylindrische Schaftloch befindet sich mittig zwischen erster und zweiter Augensprosse. Bei der Durchsicht des Materials scheint es, daß die Äxte aus kleineren Geweihstangen angefertigt wurden als die Hämmer. Nicht ausgeschlossen ist, daß eine im Schneidenbereich zerbrochene Axt sekundär als Hammer verwendet wurde. Ein weiterer Unterschied ist die verschiedene Größe der runden Schaftlöcher von Hämmern und Äxten. Hämmer weisen Durchmesser bis 3 cm auf, während die Äxte einen Durchmesser von 2 - 2,5 cm haben. Eine kleine Axt zeigt ein ovales Schaftloch mit der Größe von 1,7 x 2,1

cm. Die Hammerbahn wurde bei den Geweihhämmern durch längs in die Spongiosa getriebene Geweihspäne verstärkt. Zu bemerken ist die starke Abnutzung der Äxte im Schneidenbereich mit genereller Gebrauchspatina auch im Bereich des Schaftloches. Die Hämmer zeigen starke Abnutzung im Bereich von Rose und Hammerbahn. Besonders starke Gebrauchspatina ist im Bereich der Schaftlöcher zu sehen (Hinweis auf extrem starke Beanspruchung). Da jegliche Schäftungsreste aus Holz fehlen, werden für die Rekonstruktionen vergleichbare, spätneolithische Schäftungen herangezogen. Von Hornstaad-Hörnle ist eine komplette Hirschgeweihhacke mit einem 70 cm langen Holzschaff erhalten.

Zielsetzung

Bislang gab es nur Vermutungen über die Verwendung dieser Hirschgeweihäxte. Vielleicht wurden sie zur Holzbearbeitung eingesetzt oder aber zum Ziehen von Saatrillen verwendet. Ziel des Experiments war es, den Nachweis zu führen, daß die Geweihäxte zu bestimmten Holzarbeiten ähnlich einsetzbar sind wie Steinbeile.

Rekonstruktion von Geweihäxten

Für den Nachbau der Geweihäxte wurden die Abwurfstangen von Rothirschen aus dem Nationalpark Bayerischer Wald und dem Pinzgau, Salzburger Alpen, besorgt. (Die Pinzgauer Geweihstangen eigneten sich auf Grund der Stärke ihrer Kompakta am besten). Da die Geweihstangen im Rohzustand mit Feuersteingeräten sehr schwer zu bearbeiten sind, mußten sie ca. 1 1/2 Jahre in den Bodenschlamm eines kleinen Teiches gelegt werden. Erst nach dieser Zeit konnte mit der Bearbeitung begonnen werden. Das Hirschgeweih wies einen für moderne Nasen ziemlich strengen Geruch auf, konnte aber in diesem Zustand ohne große Anstrengungen mit Sillexmessern nach Altheimer Vorbild gesägt und gebohrt werden. Für die Herstellung

einer Axt wurde ein langschmales, spitz zulaufendes, ungeschäftetes Messer aus Baiersdorfer Plattensilex verwendet. (Länge 12 cm/ Breite 1 cm) Das Baiersdorfer Plattensilex-Vorkommen wurde zur Zeit der Altheimer Kultur bergmännisch ausgebeutet.

Zunächst wurden die beiden Augensprossen und die Stange radial angesägt und abgebrochen. Genauso wurde die schräge Schneide gewonnen. (Arbeitszeit 1 1/2 Std.) Mit demselben Messer konnte das Schaftloch mit Drehbewegungen ausgeschabt und zylindrisch vertieft werden. (Arbeitszeit 2 Std.) Bei dieser Arbeit waren am Silexmesser feine Absplitterungen an der Schneide zu beobachten, wodurch sich von selbst eine Nachschärfung der Klinge ergab. Der letzte Arbeitsgang war das Überschleifen der Axtschneide und der abgebrochenen Sprossenstümpfe auf einer Grünsandsteinplatte aus Regensburg. (Arbeitszeit 1/2 Std.)

Schäftung der Geweihaxt

Bei den Originalgeräten fällt das exakt gearbeitete, zylindrische Schaftloch auf. Es steht immer leicht schräg zum Axtkörper, so daß der Winkel zwischen Axt und Griff immer kleiner als 90° Grad ist. Für den Griff mit der Länge von 50 cm wurde ein entrindeter und abgelagerter Ast aus Eschenholz verwendet, der im Kopfbereich eine Verdickung aufwies. Anfängliche Versuche der Griffbefestigung mit Holzkeilen (ähnlich unseren modernen Äxten) bewährten sich in den Versuchen nicht. Durch die enorme Schlagwucht brach das Holz im Schaftloch. Der paßgenau gearbeitete Eschenholzgriff wurde in das Schaftloch getrieben bis die Axt am verdickten Ende aufsaß. (Gesamtherstellungszeit von Axt und Schäftung: 5 Std.) Nach der Beobachtung des Verfassers reicht eine zylindrische Schäftung aus, um eine Drehbewegung der Axt beim Schlag zu vermeiden. Während der Altheimer Kultur war das ovale Schaftloch bekannt, wurde jedoch sehr selten gefertigt, da ein ovales Holz-

schaft schwieriger herzustellen und bruchgefährdeter ist.

Einsatz der Geweihäxte

Um die ursprüngliche Zähigkeit und Härte des Geweihmaterials wieder herzustellen, mußten die Äxte mehrere Wochen in der Sonne getrocknet werden. Einige Tage reichten hierzu nicht aus, da die Schneide noch recht weich war und nach wenigen Schlägen zerstört wurde.

Für die hier dokumentierten Versuche zur Einsatzfähigkeit der Geweihäxte wurde ein frischer Eichenstamm mit dem Durchmesser von ca. 20 cm ausgewählt. Zunächst mußte der Stamm in Abschnitte zerlegt werden. Nach 15 Minuten war der Stamm mit radial angebrachten, gezielten Schlägen transversal zerteilt. Es konnte mit großem Krafteinsatz gearbeitet werden, ohne daß das Gerät beschädigt wurde. Eine Abnutzung der Schneide war nicht festzustellen. Es entstand jedoch eine feine Glanzpatina an der Schneide. Die große Schlagwucht drückte die Geweihaxt auf das verdickte Ende des Stieles, so daß eine Drehbewegung des Griffes vermieden wurde. Durchwegs fallen an den Originalen die sehr exakten, zylindrischen Bohrungen der Geweihäxte auf. Dies ist für die paßgenaue Verbindung zwischen Axt und Stiel unbedingt notwendig. Selbst geringes Spiel führte bei den Versuchen zwangsläufig zum Bruch des Stiels. Das Anbringen eines quadratischen Loches mit dem Durchmesser 6x6 cm in einer Spaltbohle aus Eichenholz mit der Stärke von 5 cm dauerte 10 Minuten. Das Herausarbeiten eines Zapfens aus einem Eichenholzrundling benötigte ebenfalls 10 Minuten. Mit radial geführten Schlägen ließen sich die Holzspäne ohne Schwierigkeiten abheben.

Zusammenfassung

Insgesamt zeigte sich, daß das Geweihgerät bei der Holzbearbeitung vorteilhaft eingesetzt werden konnte. Im Gegensatz

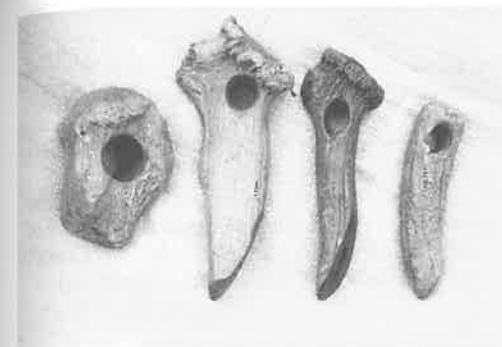


Abb. 1: Hirschgeweihaxt und Hämmer der Altheimer Kultur. Länge der Axt mit ovaler Bohrung 17,5 cm.

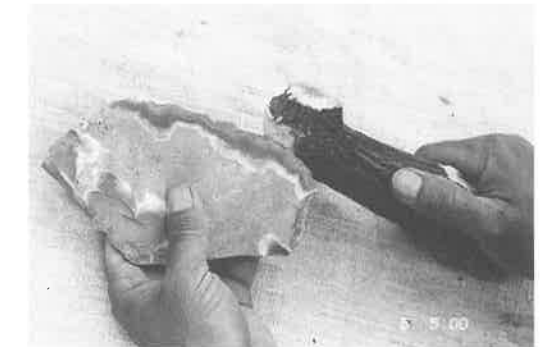


Abb. 2: Herstellung eines Messers aus Baiersdorfer Plattensilex mit Geweihschlegel.



Abb. 3: Absägen einer der Augensprossen.

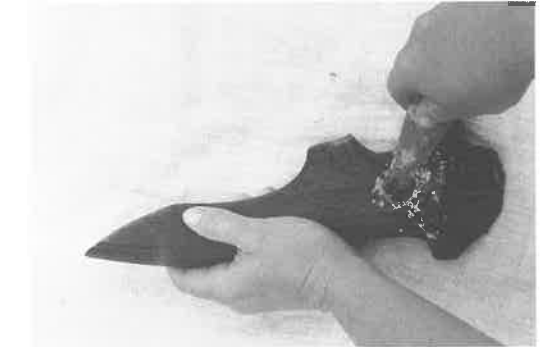


Abb. 4: Das Schaftloch wird mit dem Silexmesser herausgearbeitet.



Abb. 5: Ein Eichenstamm mit dem Durchmesser von 20 cm wird zerteilt.



Abb. 6: Zurichten eines Zapfens.

zu geschäfteten Steinbeilklingen mußte weder der Schlagwinkel noch die Schlagwucht beachtet werden. So ist beim Trennen von Eichenholzrundlingen die Gefahr, daß das Steinbeil stecken bleibt und bricht, sehr groß. Beim Fällen eines Baumes ist die Steinbeilschäftung vorzuziehen, da hier bei exakter Schlagtechnik der Kraftaufwand weit geringer ist als bei der Geweihaxt.

Literatur:

ENGELHARDT, B., (1994): Die Altheimer Feuchtbodensiedlung Ergolding-Fischergasse bei Landshut und ihr Hinterland, in: Vorträge d. 12. Niederbay. Archäologentages, Deggen-dorf

HAHN, J., (1993): Erkennen und Bestimmen von Stein- und Knochenartefakten, Tübingen
 DIECHMANN, B., (1991): Die neolithischen Ufersiedlungen von Hornstaad-Hörnle am Bodensee, Kreis Konstanz, in: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1990, Stuttgart
 MICHEL, M., ZURBRUCHEN, M., (1991): Experimente mit natürlichen Materialien - Bearbeitung von Geweih und Knochen, in: Experimentelle Archäologie, Bilanz, Oldenburg

Anschrift des Verfassers:

Robert Pleyer
 Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
 Sigmund-Schwarz-Str. 4
 84028 Landshut

Experimente zu bronzezeitlichen Tüllenknebelharpunen aus Hirschgeweih¹

Jost Auler

Einleitung

Im Rahmen der Beschäftigung mit jungsteinzeitlichen Stabharpunen², neolithischen und bronzezeitlichen Stab- und Tüllenknebelharpunen³ sowie dem Versuch der Erhellung der der frühmetallzeitlichen Tüllenknebelharpunen in Südmittel- und Südosteuropa⁴ lag es nahe, neben den Stab- oder Bartharpunen erstmals⁵ auch die letztgenannte Gattung der Widerhakenspitzen im praktischen Experiment⁶ nachzubauen und -soweit realisierbar- in der „outdoor“-Anwendung zu erproben. Es ging dabei um die Klärung der Frage der Herstellung solcher Spitzen aus Geweih (Materialbearbeitung, Produktionstechnik und -dauer etc.), um die Art der Schäftung (Befestigungsart, Fangleine, Material) am potentiell hölzernen Schaft, um den Schaft (Länge, Material und Bearbeitung) mit dem evtl. notwendigen Vorschaf selbst und nicht zuletzt um die Funktionsüberprüfung des spitzenbewehrten Waidgerätes im praktischen Gebrauch. Letztgenannter Anspruch konnte naturgemäß nur mit großen Einschränkungen realisiert werden.

Es scheint so, als ob Tüllenknebelharpunen⁷ erst in der Bronzezeit auftreten, anfänglich noch vergesellschaftet mit Stabharpunen (Abb. 1), wie drei noch nicht endgültig publizierte Fundstücke aus der früh- bis mittelbronzezeitlichen befestigten Siedlung Forschner am Federsee in Süd-

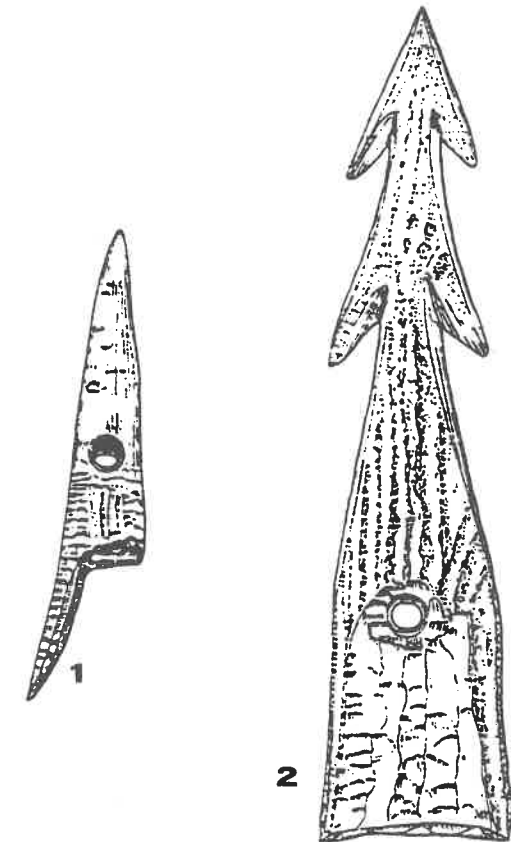


Abb. 1: Tüllenknebel- (1) und Stabharpune (2) aus der früh- bis mittelbronzezeitlichen Siedlung Forschner am Federsee (nach W. Torke 1992, 537)

deutschland belegen. Ein Stück vom Dullenried am Federsee soll neolithisch sein; diesen zeitlichen Ansatz bezweifelte jedoch schon Vogt⁸. Später bilden die Tüllenknebelharpunen wohl die quantitativ bedeutendste Harpunenart, die in früher nachneolithischer Zeit Verwendung fand, so beispielsweise in der spätbronzezeitlichen „Wasserburg“ Buchau⁹ am Federseemoor, von der vier vollständige Stücke bekannt sind. Weitere schweizerische Fundplätze sind die gleich datierte Siedlung Auvernier am Neuenburger See¹⁰ - von hier stammen auch die einzigen bekannten Objekte dieser Art aus Metall-, der ebenfalls spätbronzezeitliche Fundplatz Zürich-Alpenquai¹¹ sowie Nidau „Steinberg“ am Bielersee.

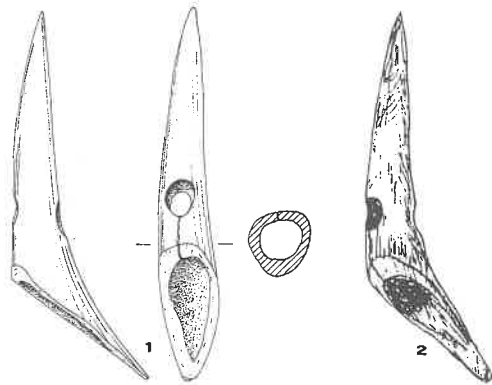


Abb. 2: Tüllenknebelharpune mit schräg abgesetztem Widerhaken vom Laibacher Moor (1 = G.-C. Weniger unpubl., 2 = P. Korosec & J. Korosec 1969 Taf. 84 Nr. 9)

Für den Südosten Europas sind das Laibacher Moor¹² (Abb. 2, 3) bei Ljubljana in Slowenien im ehemaligen Jugoslawien zu nennen, ebenso der Fundort Vinca in den Südkarpaten sowie Sarvas und Vucedol. Eine weitere Fundstelle, die Siedlung Toszeg in Ungarn, datiert in den jüngeren Abschnitt der Bronzezeit B. Diese Tüllenknebelharpunen vom ‚type femelle‘, also Harpunenspitzen mit Widerhaken, deren Steckschaft in die Spitzenbasis (Tülle) eingesetzt wird und die mit Knebefunktion und wie üblich Fangleine ausgestattet sind, finden ihren Verbreitungsschwerpunkt in Südosteuropa; die mitteleuropäischen Stücke aus Süddeutschland und der Schweiz markieren dabei nur die westliche Grenze. Diese spezielle Art der Harpune, die der Jagd auf Wassersäuger wie Biber, Fischotter oder Bisamratte oder der Großfischjagd (Abb. 4) auf Wels u. ähnl. gedient haben mag, wurde erstmals von Emil Vogt erkannt und beschrieben¹³; eine umfassende Würdigung¹⁴ dieser Bewehrungsspitze aus chronologischer, chorologischer und typologischer Sicht steht aber bisher noch aus. Allerdings hatte die Fachwelt sich schon vor Vogt Gedanken (Abb. 5) um diese Harpunenspitzen gemacht.

Bronzezeitliche Tüllenknebelharpunen, bei denen es sich zumeist um Altfunde han-

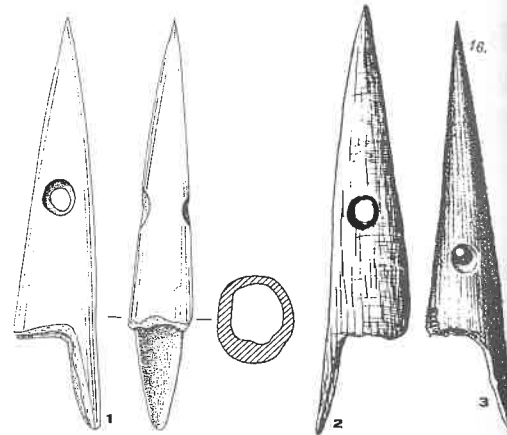


Abb. 3: Tüllenknebelharpune mit gerade abgesetztem Widerhaken vom Laibacher Moor (1 = G.-C. Weniger, 2 = P. Korosec & J. Korosec 1969 Taf. 84 Nr. 1, 3 = M. Much, Kunsthistorischer Atlas, Wien 1889 Taf. 10 Nr 16).

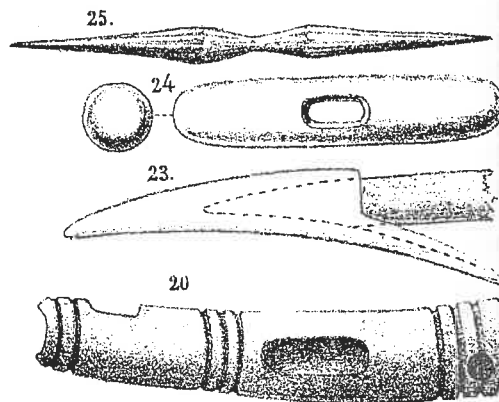


Abb. 5: Schäftungsvorschlag im 7. Pfahlbaubereich 1876 Taf. 1 Nr. 23.

delt, liegen aus organischem Material (Geweihsprossenenden der Cervidae¹⁵ und Knochen¹⁶), wohl später in Nachahmung vertrauter Formen auch in Metall (Bronze) gefertigt, aus Feuchtbodensiedlungen vor. Letztgenanntes Phänomen wurde bisher allerdings ausschließlich in Auvernier (Abb. 6) beobachtet.

Ein neu bekannt gewordener Altfund¹⁷, ein Halbfabrikat¹⁸ aus Nidau „Steinberg“ (Abb. 7) am Nordende des Bielersees in der

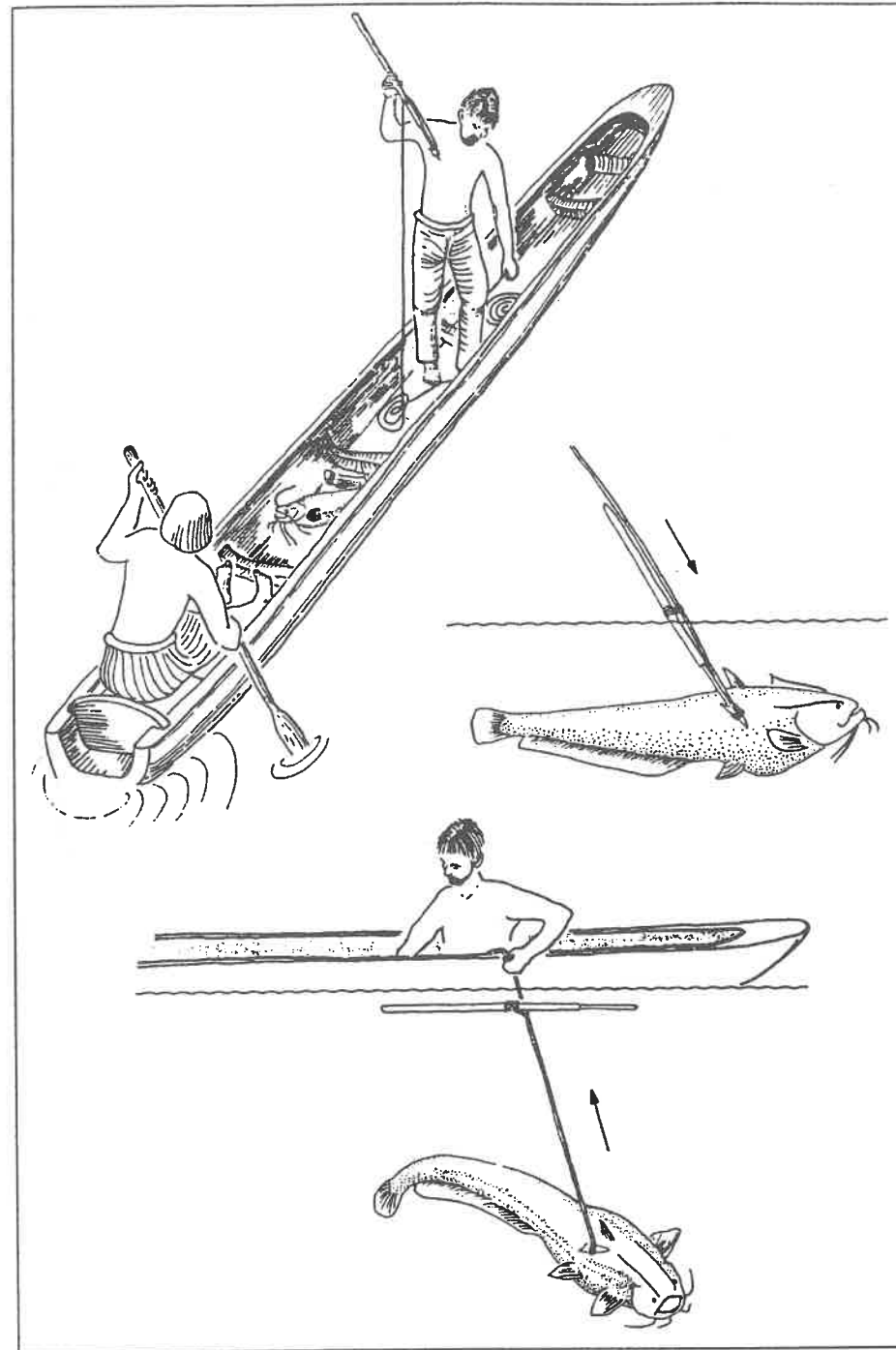


Abb. 4: Anwendung des Gerätes als Jagdwaffe (nach W. Torke 1992, 537).

Nordwestschweiz belegt die Werkschritte bei der Produktion eines solchen Stückes aus organischem Material. Die unfertige Geweihsprossenspitze mit Widerhaken¹⁹ stammt aus dem Museum Schwab in Biel (MSB)²⁰ und ist mit der Fundortangabe 'Nidau, Steinberg' versehen; der mittlerweile vollständig erodierte Platz liegt zwischen der Einmündung der Alte Zihl in den Jurasee im Strandbad gegenüber dem Hafen und dem Nidau-Bühren-Kanal (Aare-Kanal). Es bekannt, daß dort eine spätneolithische und eine spätbronzezeitliche Siedlung in unmittelbarer Nähe zueinander bestanden; da solche Stücke aus eindeutig lithischem Zusammenhang bisher nicht bekannt sind, liegt eine Datierung in die ausklingende Bronzezeit nahe. Allerdings belegt eine jüngst erfolgte Ausgrabung etwa 100 Meter flußabwärts im sog. 'BKW-Areal' neben weiteren neolithischen Stationen eine solche aus frühbronzezeitlicher Zeit - davon zeugen eine bronzene Lanzen- spitze sowie Keramikfragmente -, so daß für dieses Artefakt lediglich eine allgemeine Datierung in die Bronzezeit sicher steht²¹. Da die Masse der Harpunenspitzen aus Geweihsprossen allerdings ans Ende der ersten Metallepoche gehört, favorisieren wir diesen späten zeitlichen Ansatz auch in diesem Falle. Das Artefakt ist insgesamt 8,60 cm lang. Nach dem Abtrennen der Sproße vom Geweih wurde ein rund 1,50 cm langer proximaler Widerhaken durch einen annähernd gerade geführten, quer zur Längsachse und fast durch das gesamte Objekt verlaufenden Schnitt herausgearbeitet und anschließend symmetrisch zugespitzt. Eine Zuspitzung des distalen Endes ist auf der Zeichnung des Objektes nicht erkennbar. Als letzter Schritt war die Bohrung der Tülle sowie die doppelkonische, von zwei entgegengesetzten Seiten geführte Lochung für die Querbohrung zur Befestigung der Fangleine projektiert; dabei spielte die Reihenfolge dieser Schritte wohl kaum eine Rolle. Diese abschließenden Arbeiten wurden hier jedoch nicht mehr ausgeführt; das durchaus geglückte Stück wurde aus unerklärlichen Gründen verworfen oder ging - wahrscheinlicher - verloren²².

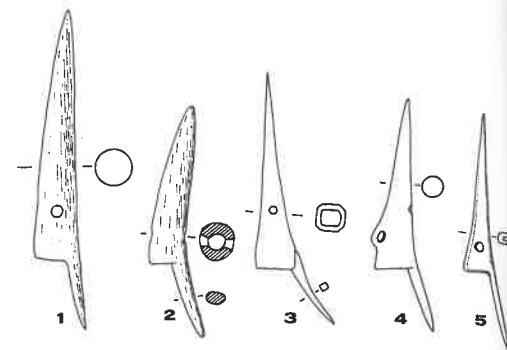


Abb. 6: Tüllenknebelharpunenspitzen aus Geweih (1-2) und Metall (3-5) aus Auvergnier/Schweiz (nach V. Rychner 1979 Taf. 128, 3-7). M = 1:2.

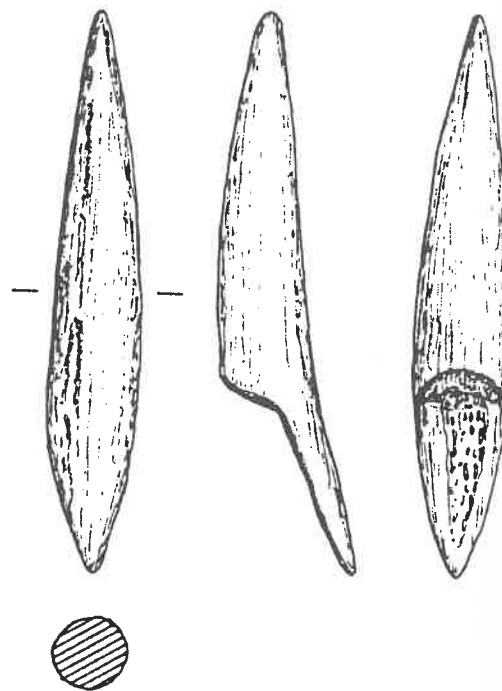


Abb. 7: Halbfabrikat einer Geweih-tüllenknebelharpune von Nidau 'Steinberg' am Bielersee/Schweiz (nach J. Winiger 1992, 96 Abb. 21). M = 1:1.

Bei der Bearbeitung der Geweihe wurde jeweils eine Geweihsprosse mit bereits mental projektiertem Widerhaken durch einen geraden oder schräg angelegten Schnitt - je nachdem, ob ein Harpunenprojekttil mit durch einen Absatz oder durch einen Schrägschnitt abgesetzten Haken hergestellt werden sollte - durch die Kompakta und Spongiosa grob herausgeschnitten und dann feiner ausgearbeitet. Am basalen breiteren Ende der geplanten Widerhakenspitze wurde die weiche Spongiosa entfernt, so daß später der Holzschaft bzw. der Vorschäft aus Knochen oder Geweih in Form einer Steckschäftung eingeschoben werden konnte; zudem wurde im unteren Drittel bzw. annähernd in der Mitte des Bearbeitungsobjektes eine kräftige doppelkonische Querbohrung in unterschiedlicher Ausrichtung in Hinblick auf den Widerhaken zur Anbringung des einen Endes der Fangleine angebracht.

Versuch

Vor dem eigentlichen Experiment war es geboten, einige solcher Widerhakenspitzen nebst Schäftung mit rezentem Werkzeug - quasi als vorexperimentelle Versuchsphase - herzustellen²³ und als Kompositgeräte zu montieren; nur so konnten zu einseitige Erfahrungswerte und Fertigkeiten beim Umgang mit den Werkmaterialien vermieden werden. Im Rahmen dieser Maßnahme wurden (neben einer einreihigen und einer zweireihigen Stabharpune) drei Tüllenknebelharpunenspitzen aus Hirschgeweihsprossen (Objekte Nr. I-III) gefertigt.

Im Vorfeld der Arbeiten wurde das mindestens zehn Jahre alte Rohmaterial²⁴ vor der Bearbeitung rund 48 Stunden (in von den Münsteraner Stadtwerken potentiell chemisch aufbereitetem Wasser) gewässert²⁵. Auch die Aufweichung von Geweihmaterial durch natürliche Säuren vor der Bearbeitung²⁶ ist in der Literatur bekannt; beide Methoden wurden aber von uns nicht angewandt. Die Herstellung der materialbedingt unterschiedlich langen Spitzen incl. Bohrung, Anspitzung des distalen Endes,

Beseitigung einiger natürlicher Unregelmäßigkeiten auf dem Projektilkörper und der basalen konischen Aushöhlung erfolgte schnell und problemlos mittels mehrerer moderner metallerner Messer²⁷ und einer groben Holzraspel; letztgenanntes rezentes Holzbearbeitungswerkzeug diente lediglich als Hilfe bei der Feinbearbeitung des Widerhakens der größten der Spitzen (Objekt Nr. II). Während der Arbeitspausen wurde das in Arbeit befindliche Stück erneuert und ständig gewässert. Für die Holzschäfte wurden junge, möglichst gerade gewachsene Birkenstämme geschlagen, entastet, die breiteren proximalen Enden abgerundet und die distalen Enden²⁸ zugespitzt. Die Anpassung der hölzernen Schaftspitzen²⁹ an die bereits vollendeten Tüllen der Geweihspitzen erfolgte durch häufiges Probieren während dieses Arbeitsprozesses; die Spitzen konnten in Folge äußerst festgeklemmt werden, obwohl absolut paßgenaue Tüllenlöcher bei Verwendung von organischen Materialien selbstverständlich nicht realisierbar sind. Die Verbindung der mobilen Spitze mit dem Schaft erfolgte jeweils mittels einfacher stabiler, viereckiger Lederriemen von durchschnittlich ca. 3,00 mm Dicke.

Hergestellt wurden drei Projektile. Die kürzeste Spitze (Objekt Nr. I) mit schräg abgesetztem Widerhaken weist eine größte Länge von 7,45 cm und eine größte Breite von 1,90 cm auf; die Mitte der Bohrung ist 3,00 cm von der Basis des Stückes entfernt. Der zugehörige, nicht entrindete Schaft ist 155,00 cm lang; der Durchmesser des Stammes beträgt an der Basis 2,80 cm, in der Mitte 2,00 cm und am Distalende unterhalb der anthropogenen Zurechtung 1,40 cm. Die zweite Spitze (Objekt Nr. II) ist insgesamt 13,30 cm lang; dabei mißt der seitliche, gerade abgesetzte Widerhaken 1,80 cm. Die Mitte des Loches ist 5,70 cm von der Basis des Stückes (inclusive Widerhaken) entfernt angebracht. Der nicht entrindete Schaft ist 225,00 cm, seine anthropogene distale Verjüngung für die Steckschäftung mit der Geweihspitze etwa 5,00 cm lang. Der Durchmesser des Stammes mißt maximal 3,10 cm an der

Basis, 2,30 cm in der Schaftmitte und 2,00 cm am distalen Ende. Eine dritte Knebelharpunenspitze (Objekt Nr. III) wurde auf einen 147,50 cm langen, leichten und industriell gedrehten Rundschafte von 1,50 cm Durchmesser geschäftet und mit Fangleine versehen. Das rohmaterialbedingt leicht gekrümmte Objekt ist 9,40 cm lang, und die Querbohrung sitzt 4,40 cm von dem gerade abgesetzten Widerhaken entfernt. Dieser sorgfältig spitz zugerichtete Widerhaken ist ca. 1,8 cm lang.

Es ergaben sich drei handliche, spitzenbewehrte Geräte, die sich im praktischen Gebrauch (Trockenversuche auf einer Wiese) sowohl zum Werfen auf kurze Distanzen (< 5 Meter) sowie zum senkrechten Stechen ideal zu eignen schienen. Während dieser Anwendungsversuche brach einer der Schäfte an der Stelle eines Jahrestriebes beim Auftreffen auf steinigen Untergrund in Höhe des Tüllenrandes ab; die Geweihspitze nahm dabei kaum Schaden. Durch minimale Kürzung des Schaftes war der Schaden ohne großen Materialverlust und Zeitaufwand zu beheben. Es erwies sich als praktisch für die unkomplizierte und zweckmäßige Handhabung des Gerätes, die Fangleine relativ stramm am Schaft anliegend entlangzuführen und dort mittig zu befestigen. So behinderte die Leine den Wildbeuter nur noch minimal, sorgte für zusätzlichen Halt der Spitze und beeinträchtigte den Flugverlauf nur noch unwesentlich. Die Harpunenspitzen, dies sei kurz angemerkt, wurden in zwei Fällen mittels kurzer, geknoteter Schlingen in Höhe der Widerhaken (Objekte Nr. I und II) befestigt, in einem Falle (Objekt Nr. III) (Abb. 8, 9) durch die Harpunenquerbohrung gezogen, beidseitig am Schaft entlanggeführt und erst dort in der Mitte fix mittels Knoten befestigt³⁰.

Experiment

Die zu klärenden Fragen bei der experimentellen Produktion einer solchen Tüllenknebelharpune unter ausschließlicher Anwendung nachgewiesener stein- und bronzezeitlicher Techniken und Methoden gal-

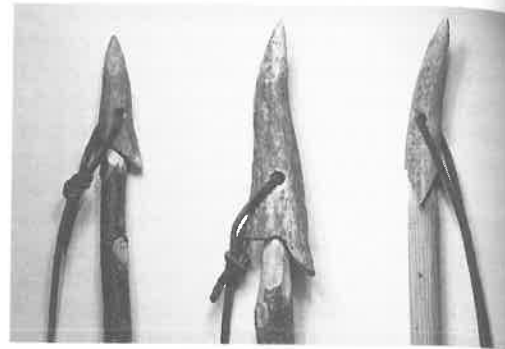


Abb. 8: Im Versuch mit rezentem Werkzeug gefertigte Tüllenknebelharpunenspitzen (Objekte I, II und III [v.l.n.r.]), ohne Vorschaft geschäftet und mit Fangleinen versehen.



Abb. 9: Wie Bildunterschrift Abbildung 8.

ten der aufgewendeten Zeitdauer, der Klärung praktisch technologischer Aspekte sowie dem nachfolgenden experimentellen Einsatz eines solchen Kompositgerätes im Feldversuch. Die Herstellung der Geweihspitze erfolgte ausschließlich unter Benutzung von rezent hergestellten³¹ und nicht geschäfteten Artefakten aus nordischem Silex; vor allem unretuschierte Klingen, aber auch ein Stichel, zwei Zinken und zwei Bohrer fanden Verwendung. Mit dem lithischen Material wurde geschnitten, geschabt und gehobelt. Zuerst wurde die Spitzenpartie (Sproße) eines intensiv³² gewässerten Geweihes schräg³³ abgetrennt, anschließend der Widerhaken und die Tülle herausgearbeitet. In einem vorletzten Arbeitsgang wurde die konische Durchlo-

chung³⁴ - anfänglich mit einem Zinken, dann mit den beiden langen, schlanken Bohrem - von zwei Seiten und recht problemlos eingetieft. Zuletzt wurde das Distalende des Stückes, das durch Bestoßen und/oder Nagerverbiß an der abgeworfenen Stange extrem stark verrundet war, schneidend und schabend hinreichend zugespitzt.

Das Ergebnis der Bemühungen ist eine kurze³⁵, ästhetischen Gesichtspunkten wenig gerecht werdende Widerhakenspitze mit Tülle (Objekt Nr. IV) von 6,50 cm Länge und einer größten Breite von 2,00 cm. Die Mitte der Bohrung ist 3,80 cm vom Proximalen entfernt. Das Stück wiegt nach dem Trocknen ca. 11,00 g. Die Bearbeitung des Geweihes mittels Flintartefakten erfolgte problemlos; dies gilt für die Herausarbeitung der Form, die manuelle Durchbohrung und das Anspitzen des Stückes. Problematisch war dagegen das Aushöhlen der Tülle; evtl. kamen hierbei in der Bronzezeit metallene Werkzeuge oder mechanische Bohrvorrichtungen zur Anwendung. Die Aushöhlung gelang nur 0,70 cm tief³⁶, vielleicht reichte dies aber zur Befestigung, wenn die Spitzen auf speziell für das jeweilige Geweihartefakt zugerichtete Schäftung geklemmt wurde. Zusätzliche Stabilität verleiht dem Sitz der Spitze eine straffe Befestigung der Fangleine durch eine Umwicklung am Schaft. Originalfunde weisen teilweise eine ähnlich geringe Tiefe auf.

Die Zeitdauer der Herstellung der Geschoßspitze unter Anwendung ausschließlich steinerner Werkzeuge ohne Schäftung etc. betrug insgesamt rund 2 1/2 Stunden. Wie bereits gesagt, ist hier auch die Nachbearbeitung des lithischen Materials während des Arbeitsprozesses, nicht aber ihre Herstellungsdauer, mitgerechnet worden. Die Zurichtung der Spitzenpartie erfolgte am originalen Fundstoff offenbar durch schneiden, schaben und schleifen³⁷; dies lassen die alten, aber auch die neu vorgelegten Fundumzeichnungen dieser Artefaktgruppe erkennen³⁸. Unsere Stücke wurden nur wenig zugespitzt, eine vollständige Überarbeitung der Oberfläche der

Spitzenpartien der Stücke würde also den Zeitaufwand erhöhen. Die Herstellungsdauer eines Birkenstammschaftes (ohne Vorschaft) unter Verwendung prähistorischer Werkzeuge³⁹ kann mit knapp 1 1/4 Stunden angegeben werden. Zudem ist - wie bereits angemerkt - zu berücksichtigen, daß der heutige Experimentator naturgemäß nicht über die praktischen Kenntnisse eines Neolithikers oder Bronzezeitlers in Hinblick auf die Material- und Werkzeugeigenschaften sowie die handwerklichen Fähigkeiten verfügt. Zudem erschwerte die geringe Größe der hier zu behandelnden Objektgruppe die Arbeit.

Anwendung

Die Anwendung der Geräte⁴⁰ im Feldexperiment fand im trockenen und sonnigen Spätjuni des Jahres 1992 im südlichen Münsterland⁴¹ statt. Dabei stand ein - vor weit über zwei Dekaden in einem neuzeitlich anthropogen trockengelegten und noch immer extrem feuchten Moorgelände - künstlich angelegter Teich von > 25 qm² zur Verfügung, der - ökologisch intakt - mit Rotfedern (*Scardinius erythrophthalmus*), Karpfen (*Cyprinus carpio*) und Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri*) bestückt war und nicht kommerziell oder für private Zwecke genutzt wird. Da die Fauna bereits bei Anlage des Teiches eingebracht worden war, war der Besatz zahlreich, und es konnten vor allem gesunde und adulte Exemplare gesichtet werden.

Es sei dem Verfasser an dieser Stelle gestattet, explizit darauf hinzuweisen, daß der mögliche Jagderfolg nicht das Ziel der Unternehmung war, sondern der Umgang mit den Kompositgerätschaften in einer als annähernd realistisch anzusehenden Situation sowie das Studium des Materialverhaltens. Die Waid verlief erfolglos.

Unabhängig von diesem Ergebnis konnten einige weiterführende Erkenntnisse zur Fragestellung gewonnen werden. Bei den Fischstechversuchen (Abb. 10) vom ufer-

nahen Schilfgürtel aus zeigte sich erwartungsgemäß, daß die Sichtung der Fische sehr stark vom Stand der Sonne und der Brechung des Lichtes durch die Wasseroberfläche abhängig war. Die Spitze des Gerätes mußte also ständig unter der Wasseroberfläche gehalten werden, um optische Täuschungen zu vermeiden. Der Aktionsradius beim Stechversuch war hierdurch sowie durch die Sicht und die Länge der Geräte vorgegeben: er kann mit ca. 3,50 Metern angegeben werden. Es konnte beobachtet werden, daß die Forellen den ufernahen Bereich auch während der Abwesenheit der Menschen weitestgehend mieden. Zur Erlegung von Fischen, die den Uferbereich bevorzugen wie beispielsweise der Aal (*Anguilla anguilla*), dürfte dieser Typus des Jagdgerät wenig geeignet gewesen sein. Als ungeeignet für das Stechen erwies sich Objekt Nr. III aufgrund des zu dünnen Schaftes, des damit in Verbindung stehenden zu leichten Gewichtes und der daraus resultierenden mangelhaften Geschwindigkeit des Spießes als Stoßwaffe. Die Waid mit einem Stechgerät von treibenden Wasserfahrzeugen aus halten wir dagegen für möglich⁴².

Als möglich in der Anwendung als Stechgerät, aber vor allem überaus geeignet als Speer, also als aus freier Hand (wie in unseren Versuchen) oder mit der Schleuder zu werfende spitze Stabwaffe, um hier mit der Definition von J. Winiger⁴³ zu operieren, erwies sich dagegen Objekt Nr. I. Dies begründet sich in dem schwereren Proximalende des Stückes⁴³, das damit in Zusammenhang stehenden ausgeglichenen Flugbahn und wohl auch der handlichen Länge; der Aktionsradius lag deutlich erhöht bei etwa 6,00 Meter. Zu den Schwierigkeiten bezüglich der Lichtbrechung beim werfenden Einsatz des Gerätes können keine Erfahrungswerte mitgeteilt werden. Der solcherart erfolgte Einsatz dürfte aber nur auf größere und zum Zeitpunkt des Waffeneinsatzes nur zum Teil unter Wasser schwimmende Tiere wie etwa (luftatmende) Wassersäuger eingesetzt worden sein. Diese vorgeschlagene Einsatzmöglichkeit eliminiert durch den Lichtbre-



Abb. 10: Wurfversuch mit Tüllenknebelharpune im Feldversuch

chungseffekt vorprojizierte Fehlwürfe auf eine sich ausschließlich unter der Wasseroberfläche bewegende Fauna.

Erstaunlichste, wenn auch im Nachhinein leicht nachzuvollziehende Beobachtung war aber die Tatsache, daß beide eingesetzte Tüllenknebelharpunenbewehrungen nach kürzester Zeit durch die gesamte Kompakta reichende Risse zeigten und regelrecht gesprengt worden waren. Bei Objekt Nr. I verliefen zwei Risse im Bereich der Tülle parallel zur Längsachse des Stückes und zwar zu beiden Seiten neben dem Widerhaken. Objekt Nr. III wies einen langen Riß in der distalen Partie in Höhe und oberhalb der Fangleinenquerbohrung auf. Das Phänomen ist nur damit zu erklären, daß sich die Holzschäfte voll Wasser gesogen hatten und dadurch aufquollen. So waren nicht nur die Harpunenköpfe aus elastischem Geweih gesprengt, sondern das gequollene Holz verhinderte bereits vorher durch eben diese Klemmwirkung das beabsichtigte Lösen der Projektile, da die Hölzer mit der Wasseraufnahme ihr Volumen vergrößert hatten und vor der Sprengung der lose aufgesetzten Geweihspitzen diese erst einmal zusätzlich festklemmten⁴⁵. Daß die Beschädigung der Spitzen, die aus dem Geweih verschiedener Provenienz gefertigt worden waren, was einen Materialfehler als Erklärung nicht zuläßt, nicht durch Fehlstöße oder -würfe auf festen Untergrund erklärt werden

können, zeigt die Lage des Risses an Objekt Nr. III. Solche Fehleinsätze hätten einen Druck auf die konische Geweih-tülle bedeutet, eine Kraftwirkung, der etwa bei in Holz geschäfteten Steinbeilklingen durch den Einsatz von Zwischenfuttern aus Hirschgeweih erfolgreich entgegengewirkt wurde. Es sei zudem daraufhingewiesen, daß solche denkbaren Fehlstöße und -würfe im Rahmen unseres Experimentes nicht vorgekommen sind und der Untergrund des Teiches zudem aus weichem Faulschlamm bestand.

Diese Beobachtung zeigt, daß die rekonstruierte Steckschäftung (Tüllenknebelharpune aus Hirschgeweih in Verbindung mit einem zugespitzten Holzschäfte) den prähistorischen, uns nur teilweise überlieferten Vorbildern so nicht richtig nachgebaut gewesen sein kann. Die beabsichtigte Funktion der lösbaren Spitze war nicht gewährleistet, und die Projektile wurden beschädigt. Zur Vermeidung des aufgetretenen Fehlers wäre etwa an eine Behandlung des hölzernen Schaftes mit Fett zu denken, um eine wasserabweisende Wirkung, zu erzielen. Möglich ist auch eine teilweise Verkohlung der Schaftspitze mittels Feuer, wenn dies die Wasseraufnahme verhindert. Denkbar ist auch der Einsatz andersartiger Hölzer, der eines Zwischenfutters oder die Verwendung eines Vorschaftes aus einem wasserresistenten Material, das die leichte Lösbarkeit der Harpunenspitze gewährleistet und somit die Funktion des Kompositgerätes nicht beeinträchtigt⁴⁶.

Zwischenzeitlich wurden dem Verfasser Versuche mit solchen Harpunen bekannt, die Harm Paulsen⁴⁷ vor mehreren Jahren auf der Grundlage der Stücke von Auvernier durchgeführt hatte. Mittlerweile hat er seine Versuche eingestellt, da solche Harpunenköpfe im Fundgut seines Arbeitsgebietes nicht belegt sind. Paulsen fertigte solche Tüllenknebel als Projektile für Pfeile und für Stoß- bzw. Wurfharpunen. Dies läßt sich gut mit der auffälligen Variationsbreite der Größen der Objekte (z. B. Laibacher Moor) begründen. Die Pfeile und Speere sind jeweils mit einem Vorschaft

aus Knochen oder Geweih versehen, so daß ein Festquellen der Spitze vermieden wurde. Die Fangleine war rund 0,30 m unterhalb des Projektils am Schaft befestigt. Dies besaß den Vorteil, daß der Schaft nach dem Jagdgang nicht umständlich aus dem Wasser gefischt werden mußte und der Fisch mit der Harpune im Körper den Schaft quer hinter sich her schleppen mußte. Allerdings wurden alle getroffenen Fische (u. a. Hechte und Schleien), auch große bis zu sechs Kilogramm Gewicht, von der Harpune sofort getötet.

Zur Anfertigung einer Harpune als Kompositgerät - nun mit Vorschaft versehen - wurde der längste Holzschäfte (2,25 m) und die Geweihspitze (Objekt Nr. III) benutzt. Der Schaft wurde am oberen, verjüngten Ende abgeschrägt und mit Querkerben der besseren Haltbarkeit des noch zu verwendenden Klebstoffes wegen versehen. Eine rund 14,00 cm lange Geweihspitze wurde an dem Ende, das später die Tülle der Harpunenspitze⁴⁸ aufnehmen sollte, etwas zugespitzt und abgerundet, das andere Ende ebenfalls abgeschrägt und auf der schrägen Kontaktfläche ebenfalls mit quer angebrachten Kerben versehen. Bei dem benutzten Klebemittel handelt es sich um selbstgefertigtes Birkenpech⁴⁹ wenig qualitativvoller Konsistenz. Es verbindet die beiden schrägen und eingekerbten Flächen von dem hölzernen Schaft und dem Geweihvorschaft. Die Verbindung war nach kurzem Festklemmen äußerst stabil. Anschließend wurde die Verbindung mit doppeltem Sattlergarn stramm umwickelt und mit Birkenpech verstrichen. Die Fangleine von über zehneinhalb Meter Länge wurde aus drei dünnen Hanfschnüren geflochten und mit Lederfett eingerieben; es ergab sich so eine äußerst elastische Leine. Sie wurde durch die Querbohrung der Spitze gezogen und auf etwa zehn Zentimeter Länge in die Leine eingeflochten, so daß diese unterhalb des Projektils wenig dicker als auf der übrigen Länge ist. Anschließend wurde sie wenige Dezimeter unterhalb des Harpunenkopfes mit einer zweiten Schnur durch Umwicklung fest an den Schaft (Abb. 11) angebunden.

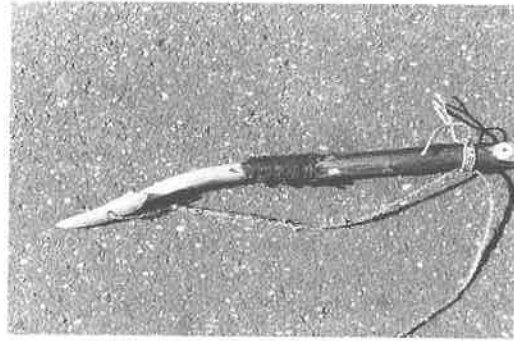


Abb. 11: Nachgebautes Harpunenkompositgerät (Ausschnitt).

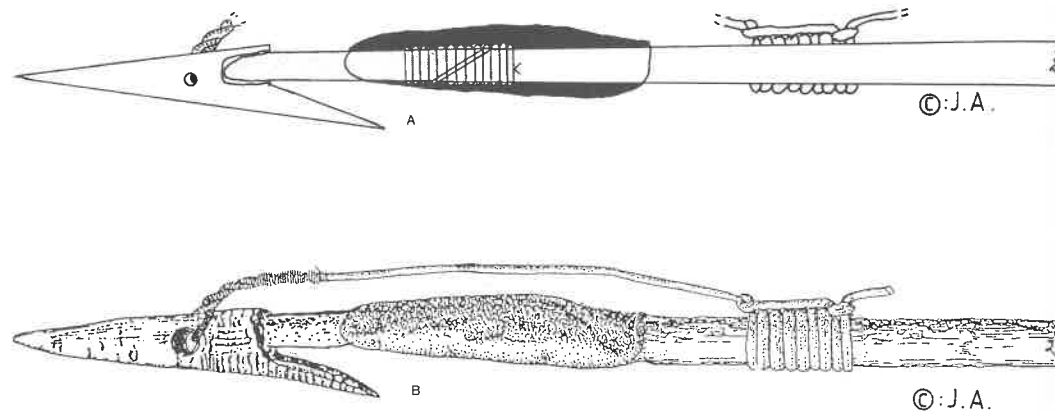


Abb. 12: Schematischer mittlerer Längsschnitt (A) und zeichnerische Rekonstruktion (B) einer geschäfteten Tüllenknebelharpune.

Fazit

Die Versuche und Experimente zeigen, daß ein Harpunenspeer zur Wasserwaid komplexer gebaut war (Abb. 12) als anfänglich vermutet. Er ist aus mehreren Elementen unterschiedlicher Ausgangsmaterialien zusammengesetzt, die durch ihre Eigenschaften die Funktion gewährleisten. Das Jagdgerät konnte wohl von einem mit dem Rohmaterial vertrauten Bronzezeitleiter mit einem relativ unerheblichen Arbeits- und Zeitaufwand und ausschließlich unter

Verwendung antiker Werkzeuge hergestellt werden. Die mobil installierte Spitze - bestehend aus dem wegen seiner hervorragenden Materialeigenschaften (Elastizität bei gleichzeitiger Härte, Rohform, Querschnittsformat) geschätzten Rohstoff Geweih - war leicht (de)montierbar und mitzuführen. Das zum kompletten Gerät gehörige übrige Ausgangsmaterial war ebenfalls jederzeit leicht zugänglich und bearbeitbar.

Die Jagdwaffe wurde mit großer Wahrscheinlichkeit in stoßender oder werfender

Weise angewendet. Es dürfte sich wohl um ein äußerst wirkungsvoll einsetzbares Gerät zur Erlegung jagdbarer Objekte⁵⁰ gehandelt haben, wie die Anwendungsversuche von Harm Paulsen gezeigt haben. Die Funktion war ebenso simpel als sinnvoll: die Harpunenspitze stellte sich nach dem Eindringen in das Zielobjekt quer („Knebel-funktion“) und die am Projektil befestigte Fangleine führte über eine bewegliche Befestigung am Holzschafte entweder zur Hand des Jägers oder zu einer Schwimmblase bzw. zur Mitte des hölzernen Schafte, der sich beim Versuch des Entkommens der getroffenen, waidwunden Tiere querstellt und mitgeschleppt werden mußte. Die Flucht des Beuteobjektes wurde in jedem Fall wirkungsvoll verhindert. Von diesem Kompositgerät, das die jägerischen Komponente des bronzezeitlichen Menschen bezeugt, finden sich im archäologischen Fundgut bisher nur die resistenten Geweihprojekte; der hölzerne Schaft und die Fangleine als die am leichtesten vergänglichen Teile des Gerätes sind bisher nicht auf uns gekommen.

Werden gekerbte Spitzen und Stabharpunen durch archäologische Befunde als Jagdspitzen auch zur Fischwaid⁵¹ bzw. zur Harpunierung von Wassersägern⁵² ausgewiesen, so liegen für die Tüllenknebelharpunenspitzen in dieser Hinsicht bisher nur ethnographische Parallelen vor.

Anmerkungen

- 1) Stark überarbeitete und erweiterte Fassung eines Vortrages, der unter dem Titel „Zur Nachbildung und Funktion bronzezeitlicher Tüllenharpunen“ am 27. August 1993 im Rahmen des 3. Symposiums der Arbeitsgruppe Experimentelle Archäologie im Kultur- und Stadthistorischen Museum in Duisburg gehalten wurde. Dank schuldet der Verfasser den Teilnehmern des o.g. Symposiums, besonders Herrn Harm Paulsen (Schleswig), für die Diskussion der Thesen und wertvolle Anregungen, die in diesen Aufsatz - insbesondere den letzten Teil - eingeflossen sind.
- 2) AULER, J. & RAMSEYER, D. (1989): Eine neolithische Geweihharpune aus dem hessischen Ried bei Leeheim, Stadt Riedstadt (Kreis Groß-Gerau). Archäologisches Korrespondenzblatt 19, 239-245.

3) AULER, J. (1993): Stabharpunen in Neolithikum und Bronzezeit. In: Fundberichte aus Baden Württemberg 18, 17-28; ders., Zur Nachbildung und Funktion bronzezeitlicher Tüllenharpunen. Ein Beitrag zur Experimentellen Archäologie. Archäologisches Korrespondenzblatt 2. 1983, 197-206; ders., Bronzezeitliche Harpunen mit Tüllenknebelspitzen. Archäologie der Schweiz 4, 1994, 134-139.

4) AULER, J. & WENIGER, G.-C. (in Vorbereitung): Zur Geschichte der Tüllenknebelharpunen in Europa [Arbeitstitel].

5) Mindestens ein Nachbau einer solchen Tüllenknebelharpune wurde für das Schweizerische Landesmuseum in Zürich gefertigt (VOGT, E. 1947: Zum Problem des urgeschichtlich-völkerkundlichen Vergleiches. In: Beiträge zur Kulturgeschichte. Festschrift R. Bosch, 44-57 Taf. II 4); die Herstellung scheint aber weder dokumentiert noch beschrieben worden zu sein. - Zu ethnologischen Parallelen dieser Geschößspitzen vgl. neuerdings: LESKOV, A. M. & MÜLLER-BECK, H. 1993 (Hrsg.): Arktische Waljäger vor 3000 Jahren. Unbekannte sibirische Kunst. Mainz & München, bes. 58-59, 85-87, 94-125. Die hier dokumentierten Harpunenspeere bestehen aus dem Schaft, an dessen einem Ende z. T. eine sog. Heckflosse („geflügelte Objekte“) als Stabilisator und zur Verstärkung der Durchschlagskraft sitzt und an dessen entgegengesetztem Ende sich ein Harpunenschaftkopf (Vorschafttülle), der Vorschaft und das Tüllenknebelharpunenprojektil finden.

6) Eine anregende Diskussion zur experimentellen Archäologie im Allgemeinen und zur Fundgattung der Tüllenknebelharpunen im Besonderen verdankt der Verf. Herrn Jürgen Weiner M. A., Rheinisches Amt für Bodendenkmalpflege Bonn, Außenstelle Zulpich. Die hier geschilderten Versuche verliefen ohne Kenntnis der älteren und unpublizierten Experimente von Harm Paulsen (s.u.); es besteht somit die Möglichkeit des nachträglichen Vergleichs der unabhängig voneinander gewonnenen Ergebnisse. - Dank für weiterführende Hinweise schulden wir auch Herrn Rüdiger Nehberg, Hamburg.

7) Unter Tüllenknebelharpunen verstehen wir hier ein Kompositgerät, das aus dem hölzernen Harpunenschaft (mit einem weitestgehend wasserresistenten Vorschaft aus Knochen oder Geweih) und einem daran mobil befestigten Harpunenprojektil (Tüllenknebelharpune aus Hirschgeweih, Knochen oder Bronze mit flügelartigem Widerhaken) mit der Fangleine besteht; sie dürften als Stoß- und/oder Wurfharpune im Jungpaläolithikum und dann wieder im Neolithikum als Speerschleudergeschoß verwendet worden sein. Vgl. zu letztgenanntem Aspekt: WINIGER, J. 1992 (wie Anm. 17), 93-95 und ders. 1987, Speerschleuder oder Sichel? Ein Deutungsproblem. Helvetia Archaeologica 18, 71/72, 110-118; BILL, J. 1981, Ein Hirschgeweihgerät in Hakenform. Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und

- Kunstgeschichte 38, 239 - 243. - Kritisch dazu: STODIEK, U. (1993): Zur Technologie der jungpaläolithischen Speerschleuder. Eine Studie auf der Basis archäologischer, ethnologischer und experimenteller Erkenntnisse. Tübinger Monographien zur Urgeschichte 9, 98-101.
- 8) VOGT, E. (1947) (wie Anm. 5): 56.
- 9) KIMMIG, W. (1992): Die „Wasserburg Buchau“ - eine spätbronzezeitliche Siedlung. Forschungs-geschichte - Kleinfunde. Materialhefte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 16, 54-55 und Taf. 24, 1-2 und Taf. 25, 1-5. - Der Autor scheint von dem Projektilcharakter der Stücke nur wenig überzeugt zu sein, denn erspricht von „sog. Knebelharpunen“ (S. 54), markiert das Wort „Harpunen“ in der Bildunterschrift zu Tafel 24 mit einem Fragezeichen und bezeichnet die Projektile auf Tafel 25 neutral als „Geräte aus Hirschhorn“. Zudem bezieht er sich im folgenden Text explizit auf die Erkenntnisse von W. Torke (S. 54-55).
- 10) RYCHNER, V. (1979): L'age du bronze final à Auvernier (Lac de Neuchatel, Suisse).
- 11) VOGT, E. (1947) (wie Anm. 5) Taf. 3, 2-5.
- 12) KOROSEC, P. & KOROSEC, J. (1969): Fundgut der Pfahlbausiedlungen bei Ig am Laibacher Moor.
- 13) VOGT, E. (1947): (wie Anm. 5) 53-57 und Taf. II 4-5, III 1-12.
- 14) Vgl. Anm. 4.
- 15) Für die Herstellung solcher Tüllenknebelharpunen eignen sich Aug-, Eis- und Mittelspross und vor allem Endspross sowie „Krone“.
- 16) Zwei Exemplare aus Knochen sind vom Laibacher Moor mitgeteilt worden (KOROSEC, P. & KOROSEC, J. (1969); [wie Anm. 12] Abb. 84, 10-11); von diesem Fundplatz liegen zudem neun Exemplare aus Geweihmaterial vor.
- 17) WINIGER, J. (1992): Beinerne Doppelspitzen aus dem Bieler See. Ihre Funktion und Geschichte. Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte 75, 65-99 bes. 95-98. Vgl. auch WINIGER, J. (1989): Bestandsaufnahme der Bielerseestationen als Grundlage demographischer Theoriebildung. Ufersiedlungen am Bielersee 1, 46-51.
- 18) Evtl. handelt es sich bei zwei Funden vom Laibacher Moor (KOROSEC, P. & J. KOROSEC (1969): [wie Anm. 12] Taf. 84, 10-11) ebenfalls um nicht vollendete Tüllenknebelharpunen; die Autoren sprechen das eine Stück als Knochenpfeil an und das zweite (Taf. 84, 11) als „durchbohrte, geflügelte Knochenspitze in angefangener Bearbeitung“.
- 19) Winiger, J. (1992): (wie Anm. 17) 95 bezweifelt grundsätzlich den Charakter der hier zu behandelnden Stücke am Beispiel derer von Auvernier als mobile Harpunenköpfe mit dem Hinweis, daß „für eine ablösbare Geschosspitze das speziell für eine Nagelfixierung gebohrte Loch keinen Sinn hätte“. Hier irrt J. Winiger offenbar, da die Tüllenbohrung oftmals die Querbohrung gar nicht erreicht; vgl. hierzu auch VOGT, E. (1947): (wie Anm. 5) 53-54.
- 20) MSB Inv.-Nr. 319.100.
- 21) Winiger, J. (1992): (wie Anm. 17) bezeichnet sie in der Bildunterschrift zu Abb. 21, 8 als „wahrscheinlich spätbronzezeitliches Exemplar“.
- 22) Es sei darauf hingewiesen, daß neben dieser Vorarbeit für ein solches Harpunenprojektile von der „Wasserburg“ Buchau auch ein Exemplar bekannt gemacht wurde, daß wohl wegen der Politur und der sorgfältigen Bearbeitung als wahrscheinliches „Endstück einer Knebelharpune, das sekundär einer anderen Verwendung zugeführt werden sollte“ bezeichnet wird (Kimmig, W. (1992): [wie Anm. 9] 55 und Taf. 25, 5).
- 23) Vor dem hier zu beschreibenden Experiment hatte der Verfasser lediglich handwerkliche Erfahrungen mit Silex, Knochen, Holz, Leder, Darm und Rohhaut, nicht aber mit Geweih. Die Herstellung der drei Tüllenknebelharpunen diente also der materialkundlichen und ergologischen Erfahrungsgewinnung. Es dürfte klar sein, daß selbst im Idealfall nur Annäherungswerte erreicht werden können, nicht aber die Fertigkeiten des prähistorischen Menschen im Umgang mit den damaligen Geräten und Rohstoffen. - Allgemeine Hinweise zu diesem Thema liefern: Mac GREGOR, A. (1985): Bone, antler, ivory and horn. The technology of skeletal materials since the roman period; HIRSCHBERG, W. & JANATA, A. (1980): Technologie und Ergologie in der Völkerkunde I.
- 24) Dank für die Überlassung rezenten Hirschgeweihs schuldet der Verfasser Herrn Johann Tinnes M. A., Forschungsbereich Altsteinzeit des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz, Schloss Monrepos, Neuwied Monrepos.
- 25) MÖLLER, C. (1984): Das Erweichen von Geweih durch Wasseraufnahme. In: Hammaburg N. F. 6, 229-232.
- 26) ZUROWSKI, K. (1973): Methoden zum Weichmachen von Geweih und Knochen in frühslawischen Werkstätten. In: Berichte über den II. Internationalen Kongress für Slawische Archäologie. Berlin 1970, 3, 483-490.
- 27) Bei einer Stabharpune aus der Siedlung Forschner (Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Archäologische Denkmalpflege, Arbeitsstelle Gaienhofen-Hemmenhofen: Inv.-Nr. SF 145/285-1) hält es der Ausgräber W. Torke für wahrscheinlich, daß das Artefakt mit Metallwerkzeugen bearbeitet worden ist; vgl. AULER, J.: (wie Anm. 3) 26 und Anm. 30.
- 28) Der Verfasser entschied sich, die oberen und somit im Durchmesser schmaleren Enden der jungen Stämme für die Steckschäftung zu bearbeiten; dies schien naheliegend, da technisch einfacher. Die Verwendung des breiteren Endes der dünnen Stämme zur Montage der Widerhakenspitzen ist aber durchaus denkbar; die geplante Verwendung als Stoß- oder aber als Wurfharpune bzw. als Universalgerät mit beiden Anwendungsmöglichkeiten dürfte ausschlaggebend für die jeweiligen Wahl gewesen sein, denn der unterschiedliche Schwerpunkt beeinflusst z. B. die Flugeigenschaften der Harpune als Wurfgerät bzw. die Handhabung, Stoßkraft und Beweglichkeit bei der Verwendung als Stechgerät.
- 29) Verfasser war bemüht, mit möglichst wenig Material- und Arbeitszeitaufwand ein funktionstüchtiges Waidgerät herzustellen; zu diesem Zeitpunkt war dem Verfasser nicht klar, daß die Verwendung eines Vorschafes unbedingt von Nöten ist. Dies zeigten später die Geländeversuche, wie weiter unten im Text ausgeführt ist.
- 30) Die Verwendung von Lederriemen als Fangleinen war auf dem Duisburger Symposium (vgl. Anm. 1) heftig und sicher zu Recht kritisiert worden.
- 31) Der Zeitaufwand für die Klinge- und Abschlagproduktion findet bei der Berechnung des Zeitaufwandes der Produktion des Projektils keine Berücksichtigung, wohl aber die weitere Modifikation und ggf. das Nachschärfen der steinernen Arbeitsgeräte.
- 32) Das Rohmaterial lag mittlerweile mehrere Wochen im Wasser; es roch bereits stark, was im Zusammenhang mit der Auflösung feinsten Partikel durch beginnende Verwesung zu erklären ist.
- 33) Der Verfasser hatte sich entschlossen, den potentiell einfacheren der beiden Typen von Tüllenknebelharpunenspitzen (definiert nach der Anlage des Widerhakens), nämlich den mit der in der Seitenansicht schräg heraus gearbeiteten Widerhaken nachzufertigen.
- 34) Aus Gründen der fototechnischen Dokumentation des Experimentes wurde die Bohrung senkrecht zum Widerhaken angebracht.
- 35) Die Länge des Endproduktes ist materialbedingt, da eine Hirschgeweihstange verwendet wurde, von der schon für ein anderes Experiment in Spangewinnungstechnik ein Span entnommen worden war; eine Entnahmerille reichte bis fast an die Spitze des Rohstückes und ließ die Fertigung einer größeren Harpunenspitze nicht mehr zu.
- 36) Die Messung erfolgte an der niedrigsten die Tülle bildenden Stelle.
- 37) KIMMIG, W. (1992): (wie Anm. 9) spricht davon, daß die Stücke geglättet wurden und eine Politur aufweisen.
- 38) Zudem konnten die Stücke aus der Siedlung Forschner in Augenschein genommen werden; hierfür schulden wir Dr. H. Schlichterle und Dr. W. Torke (Gaienhofen Hemmenhofen) Dank.
- 39) Der dünne Stamm wurde mit Klängen und Abschlägen regelrecht abgeschnitten und anschließend entastet. Geschliffene und geschäftete Geräte fanden auch hier keine Verwendung, waren auch nicht unbedingt notwendig; bei ihrem Einsatz würde sich aber ggf. der von uns gegebene Zeiteinsatz verringern.
- 40) Gemeint sind die oben beschriebenen Tüllenknebelharpunen (Objekte Nr. I und III) sowie zusätzlich eine einreihige, nicht mobil geschäftete Stabharpune ohne Bezeichnung.
- 41) Für die Erlaubnis, die Funktion der Geräte auf Privatbesitz durchführen zu können, schulden wir Fam. Alfred Remme (Hamm/ Bockum-Hövel) Dank. Die Vermittlung des Versuchsgeländes verdanken wir Herrn stud. phil. Arno Remme (Münster), der die Experimente auch tatkräftig begleitete.
- 42) TORKE, W. (1992): Ein archäologischer Beitrag zur Zoogeographie des Karpfens. In: DATZ/Aquarien - Terrarien 8, 536-537, hier 537 Abb. rechts (= Abb. 4 in diesem Text).
- 43) WINIGER, J. (1992): (wie Anm. 17) 70.
- 44) Diese Beobachtungen steht den Angaben für die Schäftung neolithischer Bogenpfeile J. Winiger's 1992 (wie Anm. 17) 75 entgegen, der sagt, daß die Spitze aus „ballistisch notwendigen Gründen auf der Wurzelseite des Triebes befestigt wurde“.
- 45) Unabhängig von den hier geschilderten Aktivitäten fertigte der Verfasser mehrere Röllchen aus gewässertem Hirschgeweih; diese Geweihköpfe werden als Spitzenbewehrungen von Vogelpfeilen angesprochen. Hierbei konnte der umgekehrte Vorgang beobachtet werden; das Stück mit doppelkonischer Bohrung wurde paßgenau gefertigt und mit einem Geweihschlegel auf einen industriellgefertigten Rundstab (Durchmesser 1,00 cm) aus abgelagertem, trockenem Holz kräftig aufgeschlagen. Nach der Trocknung war das Geweihköpfchen an einer Stelle bis auf die Spongiosa längs gerissen. Das Geweih war also geschrumpft; das Holz hatte seinen Umfang nicht geändert. Dies bedeutet, daß die Bohrung hätte großzügiger ausfallen müssen, und sich das locker aufgesteckte Köpfchen durch Schrumpfung selbst festklemmt.
- 46) Soweit waren die Versuche und Experimente des Verfassers gediehen, als über erste Ergebnisse auf der Tagung in Duisburg (vgl. Anm. 1) berichtet wurde.
- 47) Schreiben vom 7. Juli 1993. Wir schulden Herrn Harm Paulsen (Schleswig) Dank für seine hilfreichen Anregungen und die Diskussion seiner und unserer Versuche sowie für die leihweise Überlassung seiner geschäfteten Tüllenknebelharpunen zu Demonstrationszwecken in Duisburg (vgl. Anm. 1).
- 48) Die Spitze wurde während der Arbeiten ständig an die Tülle des Projektils angepaßt; gleiches gilt für die beiden schrägen Flächen an Schaft und Vorschaf.
- 49) Das Birkenpech wurde nach Literaturangaben (WEINER, J. (1988): Praktische Versuche zur Herstellung und Verwendung von Birkenpech. Archäologisches Korrespondenzblatt 18, 329-334) hergestellt. Insbesondere die im Rahmen der dort geschilderten ersten Versuches (330-331) gewonnenen Erkenntnisse fanden bei unserer Produktion Berücksichtigung. Im Wesentlichen konnten die Ergebnisse Weiners (aromatischer Rauch etc.) nachvollzogen werden. Unsere Versuchsanordnung wurde aber insofern modifiziert, als daß ausschließlich baumfrischer Birkenbast und Holzkohle Verwendung fand und als Gefäß statt eines Sektkühlers aus Aluminium eine unbeschichtete Konservendose benutzt wurde. Die ersten beiden Versuche waren insofern erfolglos, als daß als Endprodukt eine leichtgewichtige, poröse, feste schwarze Masse vorlag. Dies mag

an der zu großen Hitze der Holzkohle und/oder dem zu feuchten Bast gelegen haben. Aus diesem Grunde wurden bei dem dritten Versuch die glühenden Holzkohlestücke nicht direkt um und auf das Gefäß geschichtet, das zusätzlich zu der Abdeckung aus mehreren Lagen Aluminiumpapier im oberen Teil eine zweite Konservendose übergestülpt bekam. Die Kohle wurde nun in einigem Abstand zum Gefäß als Kranz aufgeschichtet. Das Ergebnis nach ca. 1/2 Stunde war teilweise eine mit noch deutlich erkennbaren Bastresten verunreinigte heterogene Masse. Partiiell konnte die pechartige Masse verwendet werden.

- 50) Zur Fischjagd in der Prähistorie: KRAUSE, E. (1904): Vorgeschichtliche Fischereigeräte und neuere Vergleichsstücke. Eine vergleichende Studie als Beitrag zur Geschichte des Fischereiwesens; CLEYET-MERLE, J.-J. (1990): La préhistoire de la Pêche.

- 51) Aus Estland ist ein kapitaler, rund ein Meter langer und ins Mesolithikum datierter Hecht mit einem Harpunenkopf im Rückenbereich bekannt; vergl. CLARK, J. G. D. (1948): The Development of Fishing in Prehistoric Europe. The Antiquaries Journal 28, 45 - 85, 58.
- 52) Der Befund eines harpunierten Seehundes ist aus dem Norden Skandinaviens bekannt: SAURAMO, M (1938): Ein harpunierter Seehund aus dem Litorinat Nordfinnlands. Quartär I, 26 - 35.

Anschrift des Verfassers:

Jost Auler M.A.
Feldstrasse 40 a
D-41541 Dormagen

Neue Hinweise zu Herstellungsverfahren früh- und mittelneolithischer Keramik in Niederbayern

Maria Pfaffinger und Anton Nußbaumer

„Die Analyse von Keramik, von Gefäßen aus gebranntem Ton und deren Scherben, gehört seit langem zu den selbstverständlichen Grundlagen archäologischer Forschung“ (BÖHM-HAGN 1988).

Jedoch wurde der wissenschaftliche Wert der Keramik bisher nicht voll ausgeschöpft, da die Archäologie sich in der Regel lediglich auf die Analyse und Betrachtung des äußeren Erscheinungsbildes, d.h. der Farbe, Form oder Verzierung beschränkte und daraus die kulturelle Zugehörigkeit und das Alter ableitete.

Auch die naturwissenschaftlichen Untersuchungen bieten nur ein Segment aus den Möglichkeiten zur Aussagekraft der Keramik. Die archäometrischen Untersuchungen der Keramik beruhen meist auf Dünnschliffpräparaten und informieren lediglich über Herkunft, Beschaffenheit, Magerung des Rohmaterials Ton und die Brenntemperatur der Keramik. Diese Methode ist aufwendig und kann daher nur stichprobenartig und ausschnittsweise eingesetzt werden.

Zudem sind die Ergebnisse nicht unbedingt zuverlässig (DREW 1988). Sie bedürfen der Kontrolle durch die makroskopi-

sche Betrachtung. So wertvoll diese verschiedenen archäologischen und archäometrischen Analysen sind, so bedürfen sie doch dringend einer Ergänzung in den Untersuchungsmöglichkeiten.

Mittels einer Analyse der Scherben nach arbeitstechnischen Gesichtspunkten ist es möglich, weiterführende und umfangreichere Informationen aus den einzelnen Fundstücken herauszuholen.

Durch die praktische Anwendung der aus solchen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse, d.h. die originalgetreue Nachbildung neolithischer Keramik mit den entsprechenden Arbeitstechniken und -methoden, können manche bisherigen Annahmen der Wissenschaft bestätigt, andere widerlegt werden, oder aber es eröffnen sich neue Perspektiven für die künftige Forschung.

Die Aussagekraft jungsteinzeitlicher Keramiken ist nicht hoch genug einzustufen, da selbst Stücke ohne Verzierung, allein durch spezifische Material- und Oberflächenbeschaffenheit oder Bruchkantenverläufe, Rückschlüsse etwa auf Bearbeitungs- und Brennmethode zulassen.

Der Informationsgehalt dekorierte Stücke ist natürlich noch um Vieles höher, da für die Analyse der Arbeitstechnik jede einzelne Linie von Bedeutung ist. Das Profil der Linien gewährt Aufschluß über das Verzierungsgerät, Profil und Duktus der Linie über die „Töpferhandschrift“ und ermöglichen eine Abgrenzung zu anderen Herstellern und die Entscheidung, ob ein Links- oder Rechtshänder am Werk war. Die Fingerkniffverzierung gibt Hinweise über die Größe von Daumen und Zeigefinger, den Zustand der Fingernägel und vielleicht das Geschlecht des Herstellers (s.a. KIND 1988).

Auch besteht z. B. die Möglichkeit, an den Strukturen einer Scherbe festzustellen, ob eine Knubbe im weichen, im lederharten oder festem Zustand des Gefäßes aufgesetzt wurde.

Die praktische Nutzung und der Einsatz der originalgetreu nachgearbeiteten Keramikzeugnisse kann Aufschluß geben über den Verwendungszweck, Grenzen und Möglichkeiten dieses Werkstoffes und der jeweiligen Gefäßtypen.

Der herstellungstechnische Aspekt, der Verwendungszweck und die daraus abzuleitende Interpretation wurden in der Forschung- auch im Hinblick auf die kulturhistorische Tragweite dieser Thematik - bisher zu wenig beachtet und nur vereinzelt behandelt (z. B. ROTTLÄNDER 1988, LÖFFLER 1987, ARNOLD 1987), immerhin erstaunlich in einem Fach, dessen wichtigster Untersuchungsgegenstand die Keramik darstellt.

Der Archäologe ist in Hinblick auf die Untersuchung der im vorausgehenden Absatz angesprochenen Punkte in der Regel nicht genügend qualifiziert. Er bedarf der Unterstützung und der Zusammenarbeit mit einem erfahrenen und an der speziellen Thematik interessierten Keramiker. Denn in diesem Zusammenhang ist nicht nur einfaches „Tonbatzeln“ gefordert, sondern spezielle umfangreiche Kenntnisse in der Keramikherstellung und jahrelange Erfahrungen im Umgang und dem Nachbau neolithischer Keramik.

Wie in allen Bereichen der Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen ist darauf zu achten, Begriffe zu klären, deren Bedeutung in den verschiedenen Fächern unterschiedlich besetzt sein kann und deren Definition unter Umständen erheblich differiert und zu Mißverständnissen führen kann.

Die Zusammenarbeit zwischen den beiden Verfassern ergab sich im Jahre 1989 während der Ausgrabung der bandkeramischen Siedlung Pfarrkirchen-Untergaiching (ENGELHARDT 1991, 1992, PFAFFINGER 1992). Der Keramikermeister Anton Nußbaumer interessiert sich für die Ursprünge seines Handwerkes. Er besuchte die Ausgrabung, ließ sich informieren und auswählte Keramik zeigen. Im Gespräch erga-

ben sich Fragestellungen, die eine Zusammenarbeit für beide Seiten wünschenswert erscheinen ließ. Herr Nußbaumer begann daraufhin eine eingehende praktische Auseinandersetzung mit neolithischer Keramik, die von archäologischer Seite u.a. mit einer Museumsreise zur Sichtung der niederbayerischen, neolithischen Keramikinventare und spezifischer Literatur unterstützt wurde.

Im folgenden sollen erste Ergebnisse der Untersuchung neolithischer Keramik hinsichtlich Arbeitstechnik und -methode an einigen konkreten Beispielen dargestellt werden.

Beispiel 1: Rundbodengefäße

Bereits die bloße Betrachtung wirft die Frage nach der Herstellungsmethode auf. Aufgrund des speziellen Bruchbildes bei den untersuchten Scherben kommen nur zwei Möglichkeiten in Betracht.¹ Einmal kann der Rundboden in einer Hohlform aus Ton abgeformt werden. Praktische Versuche bestätigten die Anwendbarkeit dieses Verfahrens. (Abb. 1) Es stellte sich sogar heraus, daß Tonformen, die nur an der Sonne getrocknet und nicht gebrannt wurden, bis zu 30 mal verwendet werden können. Bei größeren Gefäßen bietet sich eine Bodenkuhle als Form an. Bei dieser Vorgehensweise liegt die Kombination zweier verschiedener Aufbautechniken vor. Die Rundung wird in Plattentechnik angefertigt. Im Gegensatz dazu wird die Wandung in Wulst- bzw. Stegtechnik ring- oder spiralförmig aufgebaut.

Die zweite denkbare Herstellungstechnik für Rundbodengefäße ist in erster Linie für die Anfertigung großer Stücke interessant. Hierbei wird nicht wie bei der Abformtechnik mit der Wölbung, sondern mit der Ausarbeitung des Randes in Wulst- oder Stegtechnik begonnen. Auch diese Methode konnte erfolgreich praktisch erprobt werden. Als besonders vorteilhaft erwies es sich bei der Herstellung von Großgefäßen, gleichgültig in welcher der beiden Techni-



Abb. 1: Fertigen eines Rundbodengefäßes in einer Hohlform aus ungebranntem Ton

ken sie angefertigt wurden, die Wandung mit Grashalmen zu stabilisieren.

Bei den zahlreichen Versuchen, die zur Rekonstruktion der Rundbodengefäße unternommen wurden, drängte sich die Frage nach deren Handhabung und Verwendungszweck förmlich auf. Überlegungen dahingehend führten zu dem Schluß, daß Rundbodengefäße sowohl als Koch- als auch als Eßgeschirr Vorteile gegenüber Gefäßen mit Standboden aufwiesen.

Bei der Verwendung als Kochgeschirr reichen bereits drei Steine aus, um einen sicheren Stand über der Glut zu gewährleisten. Außerdem wirkt die Wölbung durch diese Form der Entstehung von Spannungsrissen bei Hitze entgegen. Für die Nutzung als Eßgeschirr besteht wohl der herausragendste Vorteil darin, daß diese Gefäße nicht kippen können und selbst bei unebenen Flächen einen relativ sicheren Stand besitzen.



Abb. 2: Aufbewahren eines nachgebildeten Kumpfes auf einem Stock

Als weitere bemerkenswerte Eigenschaft von Rundbodengefäßen soll zum Schluß noch auf die Verhinderung jeglichen Bodensatzes hingewiesen werden, in dem man die Kumpfe kopfüber, mit der Wölbung nach oben aufbewahrt, so daß sämtliche Rückstände abfließen können. (Abb. 2)

Beispiel 2:

Der Steilwandbecher von Pfarrkirchen-Untergaiching (Abb. 3) (ENGELHARDT 1991, 1992)

Dieser Fund aus einem Brandgrab, das der mittelneolithischen Oberlauerbacher Gruppe (SOB) zugeordnet wird, weist eine reichhaltige Verzierung auf, die offenbar in einem komplizierten Verfahren hergestellt war. Beim Nachbau mußte zügig und kontinuierlich einen ganzen Tag im Schatten gearbeitet werden, da die technisch an-



Abb. 3: Original und Nachbildung des Steilwandbeckers (Foto G. Schmalhofer)

spruchsvolle Verzierung nur in lederharten Zustand des Gefäßes anzubringen war.

Nicht nur das Dekor als ganzes, sondern jede einzelne Linie ist bemerkenswert, da es sich um schnittähnliche scharfe Ritzen ohne randliche Erhebung handelt. Der erste Eindruck, daß hierbei ein Rollstempel Verwendung fand, erwies sich als falsch, weil bei eingehender Analyse mehrfach Unregelmäßigkeiten innerhalb des Musters auffielen, die sich in der jeweiligen spezifischen Gestalt jedoch nicht wiederholten. Praktische Versuche lehrten, daß diese scharfen und exakten Linien weder mit Holz noch mit Horn oder mit Knochenwerkzeugen angebracht werden konnten. Erst nachdem ein Silexabschlag in die Versuchsreihe mit einbezogen wurde, stellte sich das gewünschte Erscheinungsbild der Verzierung ein. (Abb. 4) Mit dem Silexabschlag konnten sowohl die eingedrückten punkthaften Elemente der Ornamentik als auch die linienhaften Komponenten in der selben scharfkantigen, exakten Art nachgebildet werden.

Bei der Kopie des Musters fiel auf, daß das aus Dreiecksschraffen aufgebaute Ornamentband von auffälliger Präzision ist. Jedes dieser Dreiecke ist jeweils aus zehn parallel angeordneten Strichen aufgebaut, wobei die Länge der einzelnen Striche immer kürzer wird, so daß eine Dreiecksform entsteht. Eine derartige Exaktheit kann nur durch Abzählen und nicht instinktiv aus

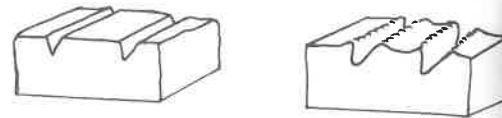


Abb. 4: Verzierungsprofile in lederharten und harten Tonzustand mit Silexabschlag (a) und zugespitztem Knochen/Horn/Holz-Gerät (b)

einem Arbeitsrhythmus heraus erzielt werden.

Nun zum Verwendungszweck dieses Steilwandbeckers: Die Tatsache, daß beim Original vom Boden nur noch der Mittelteil gefunden werden konnte, als auch die ausschließlich am oberen Innenrand liegenden starken Gebrauchsspuren, weisen eindeutig darauf hin, daß es sich um einen Gebrauchsgegenstand handelt. So war in Versuchen nachzuweisen, daß beim Rühren der randliche Teil des Bodens so stark beansprucht wurde, daß es es zu Abreibungen kam.

Die Annahme, daß in diesem Gefäß gerührt wurde, läßt sich darüber hinaus durch die spezielle Form stützen. Diese Form ist charakterisiert durch eine ovale Grundfläche und eine in der Mitte der Gefäßhöhe eingezogene Wandung. So gewährt der Becher nicht nur einen extrem stabilen Halt beim Einklemmen zwischen den Oberschenkeln, sondern ermöglicht auch eine besonders intensive Durchmischung des Rührgutes und verhindert außerdem ein Überschwappen der Flüssigkeit während des Arbeitsvorganges. All diese positiven Eigenschaften bezüglich der Form können kaum auf Zufälligkeiten beruhen.

Arbeit mit dem Untergaichinger Steilwandbecher war nach der Vollendung der Nachbildung nicht abgeschlossen. Vielmehr wurde die Versuchsreihe u.a. mit Experimenten in Hinblick auf die Verdichtung des Bechers fortgesetzt. Es stellt sich heraus, daß die Poren des Tons mit Milch erstaunlich gut abgeschlossen werden können und die dadurch erzielte Dichte auch beim Erhitzen nicht verloren geht.² Diese Ab-

dichtung wird nur beim noch ungebrauchten Gefäß erreicht. Abdichtungsversuche bei gebrauchten Gefäßen sind fehlgeschlagen.

Feststellen der Brenntemperatur

Die Möglichkeiten, die erreichte Brenntemperatur bei den keramischen Fundobjekten festzustellen, sind in der Regel aufwendig und teuer. Ein relativ kostengünstiges Verfahren stellt die Erstellung einer Referenzreihe aus gebrannten Tontäfelchen dar. Aus den Oberflächentönen des zu untersuchenden Fundortes werden kleine quadratischen Tontäfelchen gefertigt und in 50° C Schritten gebrannt.³ So stehen jeweils Täfelchen für 400° C, 450° C, 500° C, 550° C, 600° C - bis max. 1000° C als Vergleichsreihe zu Verfügung. Zur Feststellung der Brenntemperatur klopfe man die zu untersuchende Scherbe und die Tontäfelchen nacheinander mit einem Holzgriff. Das in der gleichen Tonhöhe klingende Tontäfelchen gibt die erreichte Brenntemperatur der Scherbe wieder.

Eine weitere Feststellungsmöglichkeit ist das Kratzen mit einem spitzen Metallgegenstand. Man kratze die Scherbe im Bruchprofil und zum Vergleich die Tontäfelchen, bis das identische Kratzgeräusch und der gleiche Kratzwiderstand herausgefunden wird. Es ist darauf zu achten, nicht die reduzierend gebrannte Oberfläche anzukratzen, da diese aufgrund ihrer Härte eine höhere Brenntemperatur vortäuscht. Wünschenswert in diesem Zusammenhang wäre eine Referenzreihe aus reduzierend gebrannten Tontäfelchen, die jedoch kaum exakt unter kontrollierten Bedingungen hergestellt werden kann.

Aufgrund dieser Vergleichsmethode und anderer Merkmale konnte bereits ein Grubeninventar der Fundstelle Untergaiching als Produktionsabfall identifiziert werden.⁴

Die Vorteile dieser Methode sind kurze Einarbeitungszeit, Anwendung durch jeden Bearbeitenden von Keramik, Untersuchung

des gesamten Inventars und nicht nur in Stichproben.

Tonprospektion

In der neolithischen Keramikproduktion des Fundortes Untergaiching wurden - nach einer ersten Sichtung des keramischen Fundmaterials - natürlich abgemergerte Oberflächentone als Rohmaterial verwendet. Es stellt sich die Frage, wie die Vorkommen dieser Oberflächentone aufgespürt werden konnten. In der Keramikfachliteratur (Weiß 1984) werden Tonzeigerpflanzen genannt, d.h. Pflanzenarten anhand deren Vorkommen man auf Lehm oder Ton im Boden schließen kann.⁵ Auch der Zustand der Pflanzen scheint nach unseren Beobachtungen über das darunterliegende Vorkommen Aufschluß zu geben. Die Pfahlwurzel des Huflattich z.B. strebt den wasserspeichernden Lehmschichten im Boden entgegen. Ist das Vorkommen im Boden tiefer gelegen, so erreicht die Wurzel bei Trockenheit diese Lehmschicht nicht mehr und die Blätter rollen sich zusammen. Auch spiegelt die Größe der Blätter Informationen über das Tonvorkommen. Sind die Blätter groß, kann man entweder auf ein größeres oder ein dichter an der Oberfläche gelegenes Vorkommen schließen.

Es ist durchaus wahrscheinlich, daß auch in prähistorischen Zeiten Tonvorkommen aufgrund gewisser Vegetationsmerkmale erschlossen wurden.

Zusammenfassend kann man sagen, daß der Bereich Keramik in der experimentellen Archäologie noch in den Kinderschuhen steckt. Trotzdem konnten schon bemerkenswerte Ergebnisse erzielt werden, wobei z.B. der Nachweis für die Verwendung von Silex bei der Herstellung von Keramikverzierungen zu nennen ist.

In dieser Darstellung wurde nur ein Bruchteil der Möglichkeiten angesprochen, die dieses Forschungsfeld bietet. Praktische Versuche setzen bei Tonprospektion und

Tonaufbereitung an, reichen bis zu diversen Brennvorgängen und erstrecken sich auf den Verwendungszweck der jeweiligen Stücke. Diese handwerklichen Experimente können die Archäologie als Wissenschaft nur bereichern.⁶

Der vorliegende Beitrag nimmt Teile eines Vortrages auf, der von A. Nußbaumer anlässlich des 12. Niederbayerischen Archäologentages in Deggendorf gehalten wurde (Nußbaumer 1993).

An dieser Stelle möchten wir Frau Dr. Sabine Riekhoff, früher Stadtmuseum Regensburg und Dr. Johannes Prammer vom Gäubodenmuseum Straubing unseren Dank aussprechen für die Unterstützung, die sie uns gewährten.

Anmerkungen:

- 1) Es stehen mehrere Verfahren zur Verfügung: u.a. 1. die Daumenschale für kleine Gefäße, 2. Aus dem Klumpen ziehen (wie bei der Töpferscheibe, jedoch ohne Drehmoment), 3. Schlagen aus dem Klumpen.
- 2) Ähnliche Beobachtungen machte Rottländer (ROTTLÄNDER 1988).
- 3) Die Größe der Tontäfelchen sollte sich an der Größe der zu untersuchenden Scherben orientieren, im allgemeinen etwa 6x6x0,6cm. Zu kleine oder zu große Tontäfelchen können das Ergebnis verfälschen. Ein gewisser Spielraum ist zu tolerieren, da die Referenzreihe ohnehin in 50C-Schritten aufgebaut ist.
- 4) Interessant in diesem Zusammenhang erscheint auch die Beobachtung, daß dieses Inventar mit verbrannten Granitbrocken (bis ca. 10 cm Durchmesser) vergesellschaftet war. Mit Granitgrus war auch ein Teil der Scherben gemagert. So wurde zur Herstellung von Grus der Granit nicht nur zerschlagen, sondern thermisch vorbehandelt, da sich auf diese Weise das Gefüge lockert und der Stein sich dadurch leichter zu Grus verarbeiten läßt. Dieses Verfahren wurde nach Beobachtungen der Verfasser auch zur Gewinnung von Quarzgrus angewandt.
- 5) Ackerdistel, Ackerwinde, Echte Kamille, Filzige Klette, Gemeine Wegwarte, Haselwurz, Huflattich, Klatschmohn, Leberblümchen, Löwenzahn, Luzerne, Maiglöckchen, Sternmiere und Waldmeister.
- 6) Auch für das mittlerweile hochtechnisierte Keramikhandwerk bringt die praktische und theoretische Auseinandersetzung mit den Ursprüngen der Keramik eine wertvolle Bereicherung. Die Inhalte „Auseinandersetzung mit neolithischer Keramik“ fanden durch A. Nußbaumer mittlerweile Eingang in den Lehrplan der Keramikfachschule Landshut, Niederbayern.

Literatur:

- ARNOLD V., (1987): Rohstoffverfahren beim Töpfern nach vorgeschichtlicher Art, in: Archäologische Informationen 10,2, 1987, 174-180.
- BAYERLEIN P.M. (1985): Die Gruppe Oberlauterbach in Niederbayern, 1985, 18-50.
- BJORN A., (1978/79): Rekonstruktion einfacher Töpferöfen und Brennversuche, in: Acta praehistorica et archaeologica 9/10, 1978/79, 7-11.
- BÖHM K., HAGN H., (1988): Archäometrische Untersuchungen an jungsteinzeitlicher Keramik Südbayerns. Eine Zwischenbilanz. Vorträge 6. Niederbayerischer Archäologentag, Deggendorf, 1988, 15-55.
- BÖHM K., HAGN H., (1986): Archäometrische Untersuchungen an Münchshöfener Keramik, in: Verhandlungen des Historischen Vereins für Niederbayern 109, 1983 (1986), 13-26.
- BRINK-KLOKE H., (1992): Drei Siedlungen der Liniensbandkeramik in Niederbayern, 1992, 115ff.
- BURGER I., (1988): Zur Technologie der Keramik von Dobl, in: Ingrid Burger, Die Siedlung der Chamer Gruppe von Dobl, 1988, 251ff.
- DAVID N., DAVID HENNING H., (1971): Zur Herstellung und Lebensdauer von Keramik, Untersuchungen zu den sozialen, kulturellen und ökonomischen Strukturen am Beispiel der Ful aus der Sicht des Prähistorikers, in: BVbl 36, 1971, 289-317.
- DREW R., (1988): Untersuchungen zur räumlichen Verbreitung von Scherben identischer Gefäßzugehörigkeit, in: U. Boelicke et al. (hrsg.), Der bandkeramische Siedlungsplatz Langweiler 8, Gemeinde Aldenhoven, Kreis Düren. Rheinische Ausgrabungen 28, 1988.
- DREWS G., (1978/79): Entwicklung der Keramikbrennöfen, in: Acta praehistorica et archaeologica 9/10, 1979/79, 33-48.
- ENGELHARDT B., (1992): Eine Siedlung des älteren Neolithikums im Rottal bei Untergaiching, Stadt Pfarrkirchen, in: Karl Schmotz (hrsg.), Vorträge 10. Niederbayerischer Archäologentag 1992, 15-24.
- ENGELHARDT B., (1991): Archäologische Untersuchungen in der neolithischen Siedlung von Untergaiching, Gde. Stadt Pfarrkirchen, Lkr. Rottal-Inn, Ndb. in: Johannes Prammer (hrsg.), Ausgrabungen und Funde in Altbayern, Katalog Straubing 1991, 17-20.
- GEILMANN W., SPANG A., (1958): Eine Beobachtung zur Schnelligkeit der Zerstörung keramischer Scherben auf der Erdoberfläche. in: Die Kunde 9, 1958, 93-94.
- M.E.TH. DE GROOTH (1976): Tonware der Bandkeramik, in: P.J.R. Moddermann, Die neolithische Besiedlung bei Hienheim I, 1976, 56-58.
- GOLDMANN K., HOFFMANN B., (1978/79): Brenntechniken von Keramik und ihre Wiedergewinnung durch die experimentelle Archäologie, in: Acta praehistorica et archaeologica 9/10, 1978/79, 1ff.
- HEIMANN R.B., (1978/79): Mineralogische Vorgänge beim Brennen von Keramik und Archäothermometrie, in: Acta praehistorica et archaeologica 9/10, 79-102.
- KIND C.-J., (1988): Die bandkeramische Siedlung von Ulm-Eggingen, in: Arch.Korrbl. 18, 1988, 159-168.
- KÜNNEMANN W., (1990): Brennversuche in einem vorgeschichtlichen Keramikbrennofen. Hitzacker 1989, in: Mamoun Fansa (hrsg.), Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4, 1990, 328-332.
- LÖFFLER R., (1987): Magerungstechniken im Neolithikum unter besonderer Berücksichtigung des westlichen und südlichen Deutschland, Magisterarbeit Köln.
- DIES. (1987): Die Rohmaterialien des Töpfers, in: Archäologische Informationen 10,2, 1987, 166-173.
- LÜDTKE H., VOSSEN R., (1991): Töpfereiforschung - Archäologisch, ethnologisch, volkskundlich. Töpferei- und Keramikforschung 2, 1991.
- LÜDTKE M., DAMMERS K., (1990): Die Keramikherstellung im offenen Feldbrand, in: Mamoun Fansa (hrsg.), Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 4, 1990, 321-327.
- MECHELK W., (1985): Voraussetzungen, Möglichkeiten und Ziele von Untersuchungen an Keramik, in: Ausgrabungen und Forschungen 20, 1985, 62-65.
- NUßBAUMER A., (1994): Zur Rekonstruktion neolithischer Keramiktechniken, in: Karl Schmotz (hrsg.), Vorträge 12. Niederbayerischer Archäologentag, Deggendorf, 1994, 35-40.
- PFÄFFINGER M., (1992): Die linear- und stichbandkeramische Siedlung von Untergaiching, Stadt Pfarrkirchen, Landkreis Rottal-Inn, Niederbayern, in: Das archäologische Jahr in Bayern 1991, 1992, 32-34.
- VAN DER PLAS L., (1986): Die keramische Charakterisierung von unverzierten und verzierten linearbandkeramischen Scherben, in: P.J.R. Moddermann, Die neolithische Besiedlung von Hienheim II, 1986, 26-42.

- DERS. (1986): Die Entwicklung der Keramikverzierung in der Hienheimer Bandkeramik, in: P.J.R. Moddermann, Die neolithische Besiedlung von Hienheim II, 1986, 43-51.
- PRIMAS M., (1975): Fingerabdrücke auf Keramik der Eisenzeit im Tessin, Arch.Korrbl. 5, 1975, 129-131.
- RIEDERER J., (1988): Mineralogische Untersuchung der Keramik von Dobl, in: Ingrid Burger, Die Siedlung der Chamer Gruppe von Dobl, 1988, 266ff.
- DERS. (1981): Kunstwerke chemisch betrachtet. Materialien, Analysen, Altersbestimmung. Berlin-Heidelberg-New York, 1981
- ROTTLÄNDER R.C.A., (1983): Einführung in die naturwissenschaftlichen Methoden in der Archäologie, Tübingen, 1983.
- DERS. (1988): Gebrauchsspuren an Keramik, in: Archäologische Informationen 11,2, 1988, 60-166.
- SAINTY J., GEBHARDT A., OBERKAMPF M., SCHNITZLER B., (1983): Cuisson experimentale d'une serie de quarante poteries neolithiques rubanees, in: CAAH 26, 1983, 31-38.
- SOMMER U., (1991): Zur Entstehung archäologischer Fundvergesellschaftung, in: Studien zur Siedlungsarchäologie I, Frankfurt 1991.
- VAN TE VELDE P., (1976): Ein paradigmatisches Klassifikationsschema zur Verzierung der Bandkeramik in Bayern, in: Arch.Korrbl.6, 1976, 109-116.
- VOSSEN R., (1971): Probleme der Keramikklassifikation, in: Archäographie 2, 107 ff. ders. (1991): Töpfereiforschung zwischen Archäologie und Entwicklungspolitik. Töpferei- und Keramikforschung 1, 1991.
- WEISS G., (1984): Keramiklexikon, Berlin 1984.

Anschriften der Verfasser:

Maria Pfaffinger M.A.
Haselbachstraße 9
84378 Dietersburg

Anton Nußbaumer
Kirchberg 24
84307 Eggenfelden

Brennversuche in nachgebauten Töpferöfen des 3. nachchristlichen Jahrhunderts¹

Rosemarie Leineweber

Im Jahre 1980 wurde in der Nähe der Stadt Osterburg in der Altmark (Sachsen-Anhalt) bei Bauarbeiten in der Feldmark Krevese das Gelände einer römischen Siedlung zerstört. Darunter befand sich eine Anlage zum Brennen von Keramik (KRIEG 1985). Die schrittweise Rekonstruktion ergab einen Töpferofen, der seit 1990 in verschiedenen Modellen und Experimenten in seiner Funktionsweise überprüft wurde.

Archäologischer Befund

Der Ofen war in den anstehenden Lehm eingetieft, bestand aus einem trichterförmigen, ursprünglich tonnenüberwölbtem Schürhals und war mit Heizkanälen versehen, die aus Feldsteinen gebildet wurden. Auf der Bodenmitte des östlich anschließenden unteren Raumes, der Heißluftkammer, lag ein großer Feldstein, der wahrscheinlich die Tenne gestützt hat. Diese und der obere Teil der Anlage mit der Brennkammer zur Aufnahme des Einsatzgutes waren zerstört. Mit einem Innendurchmesser von 0,6 m ist die Anlage vergleichsweise klein. Typologisch ist das Objekt den stehenden Erdöfen römischer Bauart in Kuppelform zur Seite zu stellen (DUŠEK u.a. 1986).

Rekonstruktionen des Ofens

Die Untersuchungsergebnisse lieferten nur fragmentarische Erkenntnisse zum Aufbau des Töpferofens und eröffneten daher mehrere Rekonstruktionsvarianten.²

Der erste Nachbau des in Hauptwindrichtung liegenden zweikammrigen Töpferofens aus Lehm (über einem Weidengerüst in Kuppelform), entstand im wesentlichen als obertägige Anlage und hielt sich bezüglich seiner Größe stets an die Abmessungen des Grabungsbefundes (LEINWEBER 1991). Entsprechend den aufgefundenen Heizkanälen entstand auch die Tenne des ersten Ofens aus Feldsteinen, deren Zwischenräume die Funktion der Pfeifen übernahmen.³ Diese „Lochplatte“ stützten wiederum Feldsteine. Der Einsatz des Brenngutes geschah durch eine verschließbare seitliche Beschickungsöffnung. Eine dem Rauchabzug aufgesetzte kurze Esse führte im Verlauf der Brennversuche zu verbesserten Zugverhältnissen und damit zum Ansteigen der Temperaturen.

Das Modell wurde in den anstehenden Boden eingetieft, analog den Überlegungen FASSHAUERS (1959), der eine fast vollständige Eintiefung dieser Öfen u. a. zum Zweck der erhöhten Standsicherheit bei hohen Innentemperaturen, zur thermischen Isolierung gegen kältere Außenluft, zum witterungsunabhängigen Brennen und wegen der günstigeren Voraussetzungen für eine reduzierende Feuerführung vorschlägt und dies verfahrenstechnisch auch belegt. Der Vorteil dieser Bauweise gegenüber jener der Witterung unmitttelbar ausgesetzten ebenerdigen, oder dem offenen Feldbrand, besteht in der direkteren Einflußnahme auf den Brennprozeß. Die Feuerführung wird weniger störanfällig, was sich positiv auf die Qualität des Brandes und ebenso auf die Bruchrate auswirkt.

Nach dem Ausheben einer Arbeits- und Baugrube entstand eine mehrlagige Grundplatte aus gemagertem Lehm. Der sandige Untergrund des Experimentiergeländes zwang aus statischen Gründen, die aufgehenden Umfassungswände durch eine Lage Feldsteine fundamentartig abzustützen und alle Lehmmauern in einer Stärke von 0,15 m auszuführen, dabei aber - je nach Funktion des entstehenden Bauelementes - unterschiedliche Magerungen

zu verwenden. Dicht gepacktes Stroh im Bereich der Heißluftkammer unter der Lochtenne aus Lehm sollte diese in mehreren Lagen aufgebaute Platte vorerst tragen und außerdem für langsames Austrocknen sorgen. Die gegeneinander beweglichen Strohhalme dienen dem Ausgleich der Reibung, die infolge des Verdunstens des Wassergehaltes und dem damit verbundenen Masseverlust beim Zusammenziehen des plastischen Lehms hervorgerufen wurde. Somit gelang es, die Bildung von Trockenrissen zu minimieren. Die ziemlich trocken verarbeitete Lehmmischung für die Tenne, die mittig einem großen Feldstein auflag, wurde festgestampft und dabei Holzpflocke anstelle der späteren Pfeifen eingefügt, die dann für eine gleichmäßige Verteilung der Heizgase im Brennraum sorgen. Die Summe der Pfeifendurchmesser entsprach dabei dem Querschnitt der Öffnung zwischen Schürhals und Heißluftkammer, um später eine ausgewogene Feuerführung erreichen zu können. Dem Lufttrocknen des fertiggestellten unteren Ofenbereichs folgte stufenweises Trockenheizen und damit zugleich das Freibrennen der Pfeifen. Beim anschließenden Bau der Kuppel wurde auf ein Weidengerüst verzichtet. Die tonnenförmige Einwölbung des Schürhalses jedoch geschah wieder über einem Weidengeflecht. Bei diesem Töpferofen mußte die Brennkammer durch die Rauchabzugsöffnung im Scheitelpunkt der Kuppel beschickt werden. Diese kombinierte Beschickungs- und Rauchabzugsöffnung war entsprechend den Erfordernissen des Brennverlaufs regulierbar gestaltet. Ihr Durchmesser legte zugleich die größte Weite des Brenngutes fest.

Zur besseren Ausnutzung der natürlichen Windverhältnisse wurde die dem Befeuern dienende und dem Schürhals vorgelagerte Arbeitsgrube in Hauptwindrichtung verlängert. Mit Verfüllen der Baugrube, d.h. vollständigem Einbetten der Anlage, nachfolgendem Abdecken mit Rasensoden zwecks besserer Wärmeisolierung und witterungsunabhängiger Feuerführung, kam diese Rekonstruktion zum Abschluß.

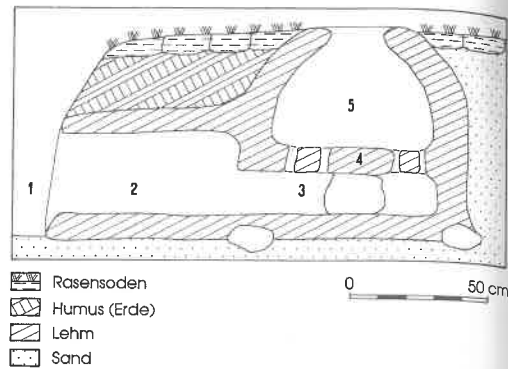


Abb. 1: Rekonstruktion des eingetieften Töpferofens, 1 - Arbeitsgrube, 2 - Schürhals, 3 - Heißluftkammer, 4 - Lochtenne mit Pfeifen, 5 - Brennkammer

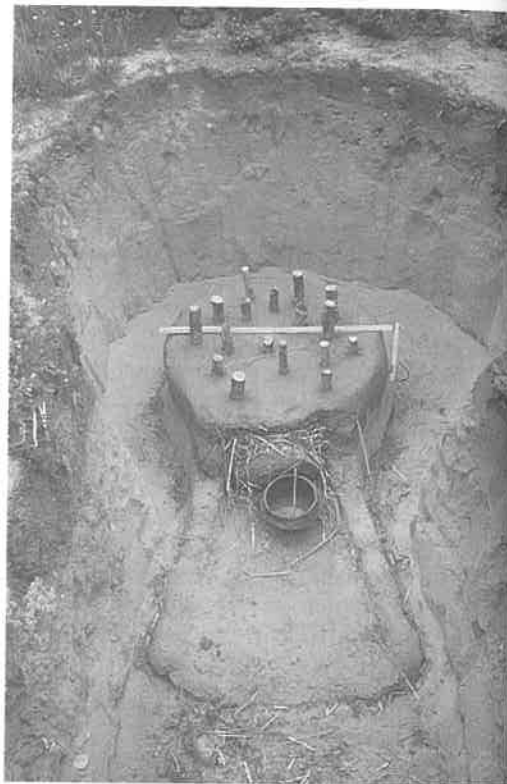


Abb. 2: Ofenrekonstruktion: Stroh in der Heißluftkammer unter der Lehmtenne mit Holzpflocken

Gefäßrekonstruktion

Die Gefäße wurden nach Originalstücken in einer Töpferwerkstatt für die Brennversuche vorgefertigt. Die Funde deuten auf eine Herstellung in Wulsttechnik, nur bei kleineren Gefäßen auf Daumentechnik hin. Aber auch eine Anwendung von Formhölzern, Schablonen und Handdrehscheiben erscheint naheliegend. Entsprechend der Farbe und Scherbenstruktur einheimischer römerzeitlicher Keramikfunde erfolgte die Herstellung aus flußmittelreichen eisen-, mangan- und kupferoxidhaltigen Tonen, die zudem fett und feinkörnig sind. Die Mengen der metalloxidhaltigen Pigmente entsprechen dabei der Reihenfolge ihrer Aufzählung, wobei die Eisenoxidanteile bei weitem überwiegen.

Mittels rekonstruierter Geräte aus organischem Material, wie Kämmen, Rollrädchen, Stäben und Stempeln, entstanden die gleichen charakteristischen Verzierungen, wie auf den Originalen. Besonders zum Anbringen umlaufender Dekors erwies sich die einfache Handdrehscheibe als vorteilhaft. Durch Gnideln des lederharten Tons bildete sich eine glatte, matt glänzende Oberfläche.

Zum Verfahren

Das lufttrockene Tongut erfährt nur bei Temperaturen über 350° C ein Entweichen und Zersetzen des chemisch gebundenen Wassers und damit den Beginn der dauerhaften Veränderung der Kristalle des Brenngutes. Erst mit Erreichen der Garbrandphase ab 720° C wird in Abhängigkeit von ausreichend langer Brenndauer eine irreversible Brennverfestigung erzielt. In den genannten Temperaturbereichen liegen die verfahrenstechnisch kritischen Quarzsprünge, die bei ungünstiger Feuerführung das Zerscherven der Charge verursachen.

Ein Oxidationsbrand entsteht bei ungehinderter Zufuhr von Luftsauerstoff während des Brennprozesses durch die oxidations-



Abb. 3: Ofenrekonstruktion: Trockenheizen des Ofenunterbaus und Ausbrennen der Pfeifen



Abb. 4: Rekonstruiertes Töpferwerkzeug zum Dekorieren von Keramik

fähigen Verbindungen im Ton (wie Fe 3+), die unter den genannten Voraussetzungen eine Rotfärbung des Scherbens zur Folge haben.

Beim Vermindern bzw. vollständigen Verhindern der Luftzufuhr bildet sich eine reduzierende Ofenatmosphäre. Der restliche noch im Ofeninnern vorhandene Sauerstoff wird durch den Überschuß an Brennmaterial verbraucht. Damit ist der Übergang von einer oxidierenden zu einer reduzierenden Ofenatmosphäre geschaffen, in der sich der elementare Kohlenstoff auf bzw. in der Scherbenoberfläche abscheidet, was eine Ursache des Schwarzbrandes darstellt. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß für eine Schwarzfärbung von Keramik, besonders in oberflächennahen Schichten, eine Überlagerung verschiedener Möglich-



Abb. 5: Anbringen von Rädchenabrollungen

keiten in Frage kommt und diese selbst auch ein Ergebnis mehrerer Faktoren darstellen (ENDERS 1981). Mechanisches Anhaften dunkel gefärbter Schwelprodukte und absorbierte Rußpartikel an der Gefäßoberfläche dürften dabei ebenso eine Rolle spielen, wie die eisen- und manganhaltigen Bestandteile des verwendeten Tons bzw. wie die Zersetzung kohlenstoffhaltiger Verbindungen an der Scherbenoberfläche. Hinzu tritt als sekundäre Erscheinung bei Verwendung harzhaltiger Brennstoffe auch die Ablagerung polymerer Kohlenwasserstoffe⁴ als Reaktionsprodukte in Form teerartiger Verbindungen und Ruß.

Da bei Beginn jedes Brandes mit Holzfeuerung ein ungehindertes Sauerstoffangebot vorhanden sein muß, geht folglich jeder reduzierenden Phase eine oxidierende voraus. Kommt es beim reduzierenden Brennen zur Ribbildung, d. h. zum Undichtwerden des Ofens, tritt vor allem bei den Tonverbindungen mit zweiwertigem Eisen durch den Kontakt mit eindringendem Luftsauerstoff eine Reoxidation ein, die wieder zum teilweisen oder völligen Rotfärben des schon reduzierend gebrannten Scherbens führen kann. Es entstehen die hellen „Wind“-Flecken auf schwarzer Ware (im Gegensatz zu dunklen „Brand“-Flecken auf oxidierend gebrannter Keramik durch partiell sauerstoffarme Bedingungen). Gleicher Wirkung unterliegt das Einsatzgut auch bei zuzeitigem Öffnen des Ofens.



Abb. 6: Anbringen von Stempeln

Brennversuche und Ergebnisse

Bei beiden Öfen entsprach das Fassungsvermögen etwa 40 römerzeitlichen Gefäßen.

Nach Einsatz der lufttrockenen Charge (und Verschließen der Beschickungsöffnung beim ersten Ofen) folgte das anfangs langsame Aufheizen des Ofens mit Gras, Stroh, Reisig und Holz, danach nur noch mit langflamenden Holzscheiten. Mit dem Erreichen der Garbrandphase, die über mehrere Stunden stabil zu halten war, wurde eine dauerhafte Verfestigung der Keramik erzielt. Im Laufe zahlreicher Versuchsbrände gelang es jedoch, die anfangs hohe Bruchrate auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Jeder Brennversuch dauerte sechs bis acht Stunden. Dem schloß sich jeweils eine 14-16stündige Abkühlungsphase an, in deren Anschluß erst das Brenngut entnommen werden konnte.

Im Laufe der Versuche kamen technologisch unterschiedliche Brennverfahren zur Anwendung. In sauerstoffreicher Ofenatmosphäre, die bis zum Ende des Brennprozesses aufrecht erhalten blieb, entstand überwiegend oxidierend gebrannte Ware, die zumeist dunkle Brandflecken zeigte. Diese Erscheinung entsprach den Originalfunden. Erst längere Benutzung der zuerst noch wasserdurchlässigen Gefäße führte zum Zusetzen der feinen Poren und so zum Abdichten. Wurde die Charge gebür-



Abb. 7: Brenngut wird gebürtelt durch die Rauchabzugsöffnung eingesetzt

telt im Brennraum gestapelt (jeweils Mündung auf Mündung und Boden auf Boden) und zusätzlich mit Gras oder Stroh gefüllt, bildete sich im Inneren der aufeinander stehenden Gefäße eine reduzierende Atmosphäre, die zum Schwarzfärben führte, während die Außenseiten oxidierend rot blieben.

Als schwierig erwies sich das reduzierende Brennen von Keramik, insbesondere in Bezug auf das Aufrechterhalten sauerstoffarmer Brennverhältnisse bei Garbrandtemperatur. Hierbei wurde der Ofen am Ende der Garbrandphase nach nochmaligem Befeuern sowohl am Schürhals als auch am Rauchabzug möglichst luftdicht verschlossen. In der schwelenden Atmosphäre entwickelten sich bei Sauerstoffmangel und rußender Flamme zahlreiche, nicht vollständig verbrennende Kohlenstoffteilchen, die in den Keramikporen verblieben und den Scherben in zuvor beschriebener Weise je nach Brand durchgehend oder nur oberflächennah schwarz färbten.⁵

Das Einbringen von frischem, kienhaltigem Feuerungsmaterial und Wasser gegen Ende der Brennphase mit nachfolgendem, sofortigem Verschließen des Ofens an Feuerung und Rauchabzug und zusätzlichem Überdecken mit Sand, führte bei Garbrandtemperaturen um 800° C neben dem beschriebenen Reduktionsbrand zur Bildung eines schwarzglänzenden Überfangs teerartiger Konsistenz.



Abb. 8: Reduzierend gebrannte, schwarz glänzende Keramik

Das Bestreben reduzierend zu Brennen, hatte gewiß Vorrang vor der oxidierenden Brennweise, da eine, wenn auch geringe, künstliche Abdichtung mittels eingelagerter Kohlenstoffpartikel einen etwas weniger flüssigkeitsdurchlässigen Scherben zur Folge hatte.

Die Ofenrekonstruktionen nach Grabungsbefund erwiesen sich beide als betriebsfähig, wobei im ersten Töpferofentyp mittlerweile 24 Brände vorgenommen wurden. Witterungseinflüsse beim Betreiben der obertägigen Anlage haben wiederholt zu schwer beherrschbaren Situationen geführt, die ein Erreichen der Garbrandphase fast unmöglich machten und demgegenüber den Vorteil des eingebetteten Ofentyps offensichtlich werden ließen.

Unter oxidierenden Bedingungen liefen

beide Öfen mit zunehmendem Beherr-schen der Feuerführung gut. Nicht immer gelang es, ein zufriedenstellendes Ergebnis beim Schwarzbrennen zu erreichen. Hier sind bisher vom durchgehend schwarzen Scherben über rotem Kern mit oberflächennaher Schwarzpigmentierung bis zu Windflecken und großflächiger Reoxidation alle Varianten entstanden, ohne das jeweilige Brennresultat entscheidend zu beeinflussen. Die gebrannten Gefäße jedoch wurden im Experimentiergelände bereits längerem Gebrauch ausgesetzt und erwiesen sind hinsichtlich Härte und Durchlässigkeit „im Hauswerk“ als durchaus verwendbar.

Anmerkungen:

- 1) Alle Versuche und Rekonstruktionen liefen in Zusammenarbeit mit Töpfermeisterin Ute Frommhagen, Salzwedel. Ihr sei an dieser Stelle für die Einsatzbereitschaft und Unterstützung herzlich gedankt.
- 2) Zum Hintergrund der Versuche und Rekonstruktionen s. Leineweber (1995 - im Druck).
- 3) Siehe Leineweber 1991, Abb. 8-12.
- 4) Diesen Hinweis verdanke ich Herrn A. Kurzweil, Hahn-Meitner-Institut, Berlin.
- 5) Siehe auch Leineweber 1993, Abb. 6 und Titelbild.

Literatur:

DÜSEK, S., H. HOMANN, W. MÜLLER und W. SCHMIDT (1986): Haarhausen I. Rekonstruktion eines Töpferofens und des Brennverfahrens. Weimarer Monographien zur Ur- und Frühgeschichte 16

ENDERS, W. (1981): Zur Entstehung und chemischen Struktur „schwarz“färbender Pigmente bei unglasierter Irdenware. In: Berichte und Referate. 13. Internationales Hafner-Symposium 1980, Sibiu-Paltini Sibiu, 215-232.

FASSHAUER, P. (1959): Technologische Auswertung des Grabungsbefundes spätlatènezeitlicher keltischer Töpferöfen. In: Jahresschr. f. mitteldeutsche Vorgeschichte 43, 245-287.

KRIEG, A. (1985): Eine frühgeschichtliche Siedlung in Krevese an der Tilly-Eiche. In: Archäol. Inform. a. d. Altmark, 27-29.

LEINWEBER, R. (1991): „Langobardenwerkstatt Zethlingen“ - Lebendiges Museum mit archäologischen Experimenten nach Grabungsbefunden des 2.-4. Jh.s. in der Alt-

mark. In: Experimentelle Archäologie, Bilanz. Archäol. Mitteil. aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6, 119-129.

— (1993): Rekonstruktionen und archäologische Experimente nach Grabungsbefunden in der Langobardenwerkstatt Zethlingen. In: Das Altertum 1/93, 27-38.

— (1995): Zur Entstehung der „Langobardenwerkstatt Zethlingen“ (Altmark). Vier Jahre experimentelle Archäologie und Museumspädagogik in einer historischen Werkstatt. Eine Bilanz. In: Jahresschr. f. mitteldeutsche Vorgeschichte 77 (im Druck).

Burning experiments in reconstructed pottery kilns from the Romano-Barbarian period

After excavation findings at the 3rd. AD different pottery kilns were reconstructed. The standing two-chamber clay kiln are consisting of a funnel like fireroom with heat canals and a burning room

Then the second reconstructed kiln was built into the ground.

During the experiments a temperature for 800° C could be reached and sturdy hold. After six to eight hours the cristal water was escaped the ceramics. The results by air supply was oxidizing (red) burned pottery. At the end of the burning process the kiln can be air-tightly closed. In this reduced kiln atmosphere black burned pottery is originated, because the unburne carbon particles are deposited into the pores of the pottery. During the use of hydrothermal burning process water was added in the final stages of the cook fire (800°C). The pottery got a black shining ash glaze, like the Romano-Barbarian original pottery shows.

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Rosemarie Leineweber
Landesamt für archäologische
Denkmalpflege Sachsen-Anhalt
R.-Wagner-Str. 9/10
D-06114 Halle

Rekonstruktion eines spätkeltischen Töpferofens aus Mannersdorf an der March, Niederösterreich

Johann Reschreiter und Natalie Tuzar

1. Kurze Zusammenfassung des Befundes und Fragestellung
2. Durchführung des Experiments
3. Ergebnisse
4. Zusammenfassung und Vorschau

1. kurze Zusammenfassung des Befundes

Ende April 1993 wurde bei Bauarbeiten in Mannersdorf/March, p.B. Gänserndorf, Niederösterreich, am Rande einer Siedlung aus der Spätlatènezeit, ein Lochtennenofen angeschnitten. Das Objekt befindet sich auf der ersten hochwassersicheren Terasse eines verlandeten Altarmes der March. Der Ofen war bei Eintreffen der Archäologen bereits zum Großteil zerstört, dadurch ließ sich der Befund nur mehr unvollständig dokumentieren.

Nach dem Überputzen ergab das erste Dokumentationsniveau folgendes Bild: Die gesamte Ofenanlage war im anstehenden hellgrauen Tegel eingetieft. Im Süd- und Westprofil, sowie im Dokn 1, das vom Bagger auf ca 1m abgetieft worden war, zeigten sich rote Verfärbungen. Im West- und Nordprofil war eine länglich ovale Grube von ca 2m Länge und 1.5m Breite angeschnitten worden, die noch zu 2/3 erhalten war (Abb.1). Außerdem zeichneten sich am Grubenrand zwei Pfostenlöcher

ab, die man mit einer Überdachung in Zusammenhang bringen könnte.

Im ersten Dokumentationsniveau war die Grube einheitlich mit dunkelbrauner, humoser Erde verfüllt. Im Zweiten, das 20 cm tiefer eingezogen worden war, ließen sich drei unterschiedliche Verfüllungen (Schüttkegel) unterscheiden, ebenso in den Profilen. Aus diesen konnten nicht nur Keramikbruchstücke, die in die späte Latènezeit (Übergang LT/C - LT/D) zu datieren sind, geborgen werden, sondern auch Bruchstücke einer Lochtenne, die, wie im Rahmen der Auswertung festgestellt werden konnte, einem anderen Ofen zuzuordnen sind.

Anschließend wurde die Grube bis zur Sohle ausgenommen. Dabei war zu erkennen, daß zwei Stufen in den anstehenden Tegel eingeschnitten worden waren. Bei Überputzen der Grubensohle war zu sehen, daß über einer „Begehungsschicht“ ein ca 2 cm starker Lehmstrich sekundär aufgebracht worden war.

Im Süden an die Grube schloß ein rot gebranntes Objekt an, das, nach Entfernen der Verfüllung, als Rest eines in den gewachsenen Tegel getunnelten Schürkanals interpretiert werden kann. Der Schürkanal war noch ca 1m lang erhalten, wobei die Ost-Wand noch vollständig vorhanden war. Im Westen stellte eine aus dem Tegel geschnittene Zwischenwand die Begrenzung dar (Abb.1). Die Zwischenwand wies auch auf der Westseite Brandspuren auf. Diese, in Kombination mit der roten Verfärbung des ersten Dokumentationsniveaus, weisen darauf hin, daß hier ein zweiter Schürkanal vorhanden gewesen sein muß.

Am Übergang Grube - Schürhalswand waren noch Reste einer Lehm-Rutenkonstruktion erhalten. Diese bildete den Ansatz für einen Schürhalsvorbau (Abb.3), von dem noch der Boden vorhanden war. Über dem Ende des Schürkanals war im Ostprofil noch ein Abdruck der Kuppel zu erkennen.

Nach Überputzen des Südprofils konnte man die Rückwand der Ofenkuppel mit Resten der Lochtenne, der Lochtennenstütze und des Heizraums erkennen (Abb.2). Der Heizraum war auch in den ge-



Abb. 1: Befundübersicht



Abb. 2: Schnitt durch die Rückseite des Ofens mit Resten des Heizraums, der Lochtennenstütze, der Lochtenne und der Kuppel

wachsenen Tegel eingeschnitten und wies eine Höhe von 30 cm auf. Seine Breite bis zur Lochtennenstütze betrug ebenfalls 30 cm. Er war mit dunkelbraunem, lockerem Erdmaterial verfüllt.

Die Begrenzung der Lochtennenstütze konnte nur an der Ostseite erfaßt werden,

sie war noch in einer Breite von ca 25 cm erhalten und bestand aus dem gewachsenen Tegel.

Der letzte Rest der Lochtenne war im Profil in einer Breite von 45 cm erhalten. Sie hatte eine Stärke von ca 10 cm und bestand aus mit Sand gemagertem, glimmerhaltigen Ton. Es waren noch drei Feuerlöcher mit ca 5 cm Durchmesser zu sehen, bei denen die Tenne gebrochen und leicht abgesunken war (Abb.2). An der Unterseite der Lochtenne sind Abdrücke der Stützkonstruktion zu erkennen. Es dürfte sich dabei um Binsen () handeln.

Die Kuppel - sie war nur noch im Ansatz vorhanden - war aus stark sandigem Material (Löß?) aufgebaut. Die Kuppelaußenseite schloß direkt an den gewachsenen Tegel an, der rußgeschwärzt war.

Als Ausgangspunkt für die Durchführung des Experiments dienten folgende Fragen:

- Ist es zulässig einen Ofen nach diesem Befund zu rekonstruieren?
- Welche Vorteile bringt ein Lochtennenofen mit zwei Schürkanälen?
- Warum ist der Schürkanal durch Überdachung künstlich verlängert?
- Brennverhalten?

2. Durchführung des Experiments

2.1.Rekonstruktion:

2.1.1. Wie kommt man zu dieser Rekonstruktion?

a) Anhand der Grabungsdokumentation wurde der Ofen zeichnerisch rekonstruiert (Abb.3).

b) Archäologische Parallelen. ()

c) Im Mai 1993 wurde in Buttendorf (Niederösterreich) im Rahmen eines Vorversuchs ein Lochtennenofen gebaut. Dieser war nach keinem bestimmten Befund rekonstruiert, sondern es handelte sich um den „Prototyp“ eines komplett eingetieften Ofens, der uns Erfahrungswerte in Bezug auf Bau- und Brenntechnik liefern sollte.

Nach einigen Versuchsbränden wurde die Länge des Schürhalses verändert, um Auswirkungen auf die Brenntemperatur festzustellen.

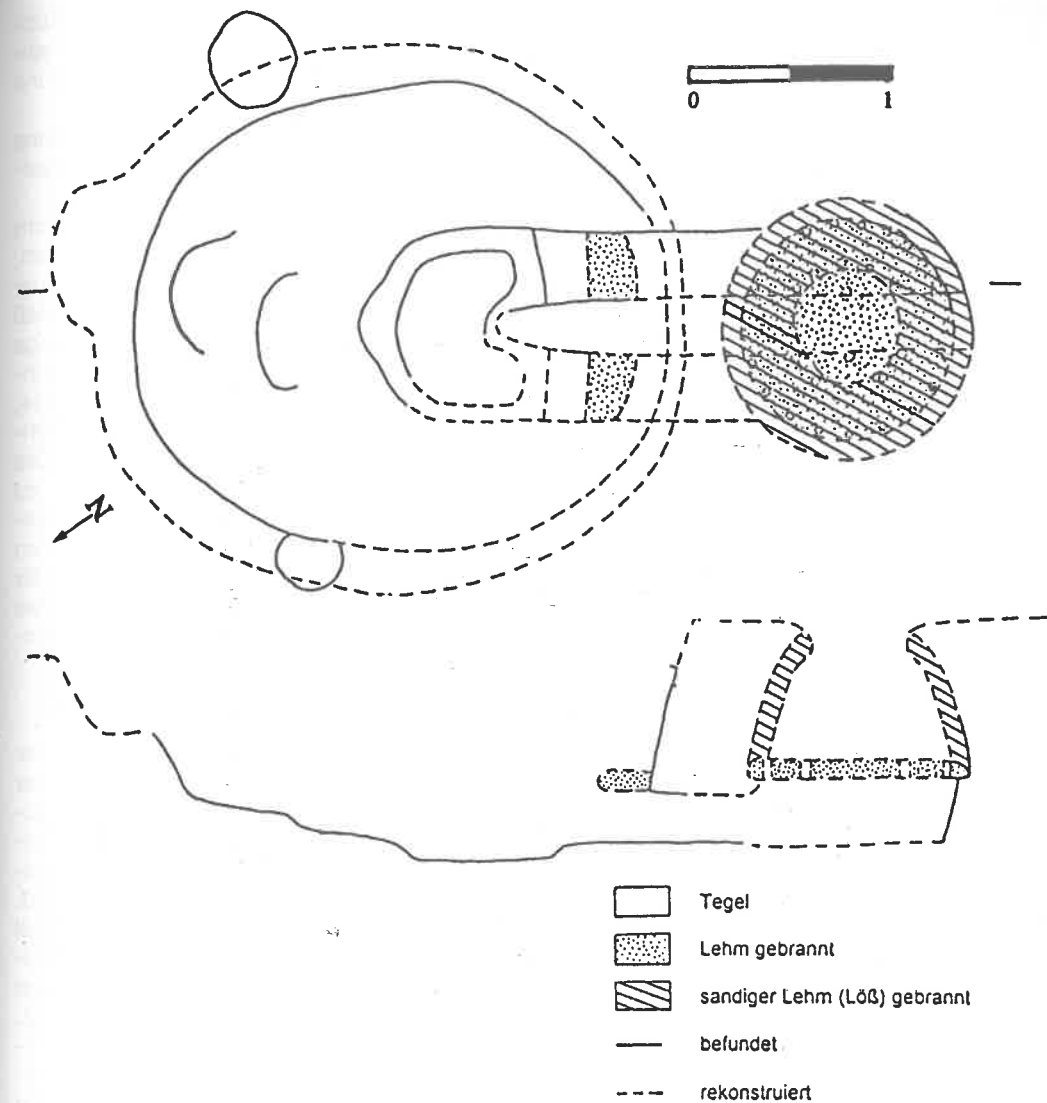


Abb. 3: Zeichnerische Rekonstruktion, Grundriß und Profilschnitte A - B und C - D

Im darauffolgenden Winter stürzte er mit dem umgebenden Erdmaterial ein, sodaß der Ofen im Frühjahr kaum mehr zu erkennen war. Im Mai 1994 wurde er ausgegraben und der Befund dokumentiert.

2.1.2. Rekonstruktion im Museum für Urgeschichte in Asparn a.d. Zaya
Anfang Juli 1993 wurde der Befund aus Mannersdorf/March im Museum für Urge-

schichte in Asparn/Zaya() (Zweigstelle des Niederösterreichischen Landesmuseums) rekonstruiert (Abb.4):

1.Tag:

Zunächst wurden die Arbeitsgrube und die Grube für den Brenn- und Heizraum ausgehoben (Abb. 4 und Abb. 5). Die Bodenverhältnisse im Museum sind denen in Mannersdorf/March ähnlich.

Die Arbeitsgrube wurde auf 110 cm eingetieft, das heißt auf den Originalbefund wurden 30 cm aufgeschlagen, da aufgrund der nur noch seicht erhaltenen Pfostenlöcher die ursprüngliche Oberfläche höher angenommen werden muß. Auch die Stufen an der Ostseite wurden dem Befund entsprechend angelegt.

Die Schürkanäle wurden mit Hilfe eines langstieligen Schälens ausgehöhlt und anschließend feucht geglättet. Der Übergang Schürkanal - Heizraum wurde verlaufend (alle Kanten wurden entfernt) gestaltet, um Strömungswiderstände weitgehend auszuschließen.

Die Grube, in die der Heiz- und der Brennraum eingesetzt wurden, hatte einen Durchmesser von 120 cm. Diese Größe ergab sich aus dem Befund, wo wir drei Ansatzpunkte der Kuppel gegeben hatten (Abb.3).

Im Bereich des Heizraumes schnitten wir die Lochtennenstütze und das Auflager für die Lochtenne (3-4 cm breit) aus dem anstehenden Material. Zwischen den Schürkanälen wurde ein „Arbeitsschlitz“ (Abb.7) zum Bau der Lochtenne eingezeichnet, der, wie sich später herausstellte, nicht notwendig gewesen wäre.

Vier Personen arbeiteten ca. 10 Stunden. Die Kubatur betrug ziemlich genau hundert gehäufte Scheibtruhenfüllungen (= Schubkarre á 100 Liter Fassungsvermögen).

2.Tag:

Nun wurde mit dem Bau der Lochtenne begonnen. Über eine Stützkonstruktion aus Eichenscheiten und Stroh (Abb.6) (es wurden keine Binsen verwendet, da die botanischen Analysen des Originalbefundes, s.o., noch nicht abgeschlossen waren) wurde etwas über eine Scheibtruhenladung gut durchgetretener Lehm aufgetragen, geschlagen und gestampft (Abb.7).

Anschließend wurden im Abstand von 11 cm drei konzentrische Reihen Feuerlöcher mit 4-5 cm Durchmesser eingeschnitten.

Gleichzeitig wurden die Vorbauten der Schürkanäle aus einem Weidenrutengeflecht aufgebaut und mit Lehm verschmiert.

Aufgrund der Rußschwärzung an der Kuppelaußenseite in Mannersdorf/March nahmen wir an, daß der Brand der Lochtenne vor dem Kuppelbau erfolgte.

Daher brannten auch wir die Lochtenne und die Schürkanäle vor dem Kuppelbau aus (Abb.4).

Zu Beginn des Ausbrennens wurde nicht nur bei den Schürkanalöffnungen gefeuert, sondern auch auf der Lochtenne ein Feuer gelegt. Wir waren der irrigen Meinung, daß das Lochtennenbrennen sonst zu lange dauern würde. Da das Feuer auf der Lochtenne jedoch den Zug beeinträchtigte, wurde es wieder entfernt. Ein weiterer Fehler war, daß zu heftig geschürt wurde. Die Stützkonstruktion brannte dadurch zu schnell ab und die Lochtenne sank im vorderen Bereich nicht nur leicht ab, sondern bei den zwei vorderen Feuerlöchern auf der linken Seite entstanden auch Risse. Das Brennen der Lochtenne und der Schürkanäle dauerte 10 Stunden.

3.Tag:

Nach dem Ausbessern der Risse in der Lochtenne und bei den Vorbauten der Schürkanäle wurde mit dem Bau der Kuppel begonnen. Als Baumaterial wurde sandiger Lehm verwendet, der im Freilichtmuseum auch als Hüttenlehm gebraucht wird. Dieser Lehm wurde noch zu einem Drittel mit Sand gestreckt, sodaß er der Konsistenz des Originals entsprach. Es wurden 3,5 Scheibtruhenfüllungen durchgeknetet. Dieses Material war nur sehr feucht zu verarbeiten und ließ sich nicht mehr frei aufbauen. Dadurch stellte sich das Problem einer Stützkonstruktion. Das Naheliegendste wäre wahrscheinlich ein Weidenkorb gewesen, der jedoch nicht zur Verfügung stand. So wurde eine Konstruktion aus Eichenscheiten mit Strohabdeckung als Innenstütze gewählt; als Außenstütze diente die Grubenwandung. In diese Schalung wurde das feuchte Lehm - Sandgemisch hineingedrückt (Abb.4,f).

Die Höhe der Kuppel ergab sich aus dem rekonstruierten Niveau der Humusoberkante. Der Durchmesser war gegeben (siehe oben).

Der Durchmesser der Abzugsöffnung, die

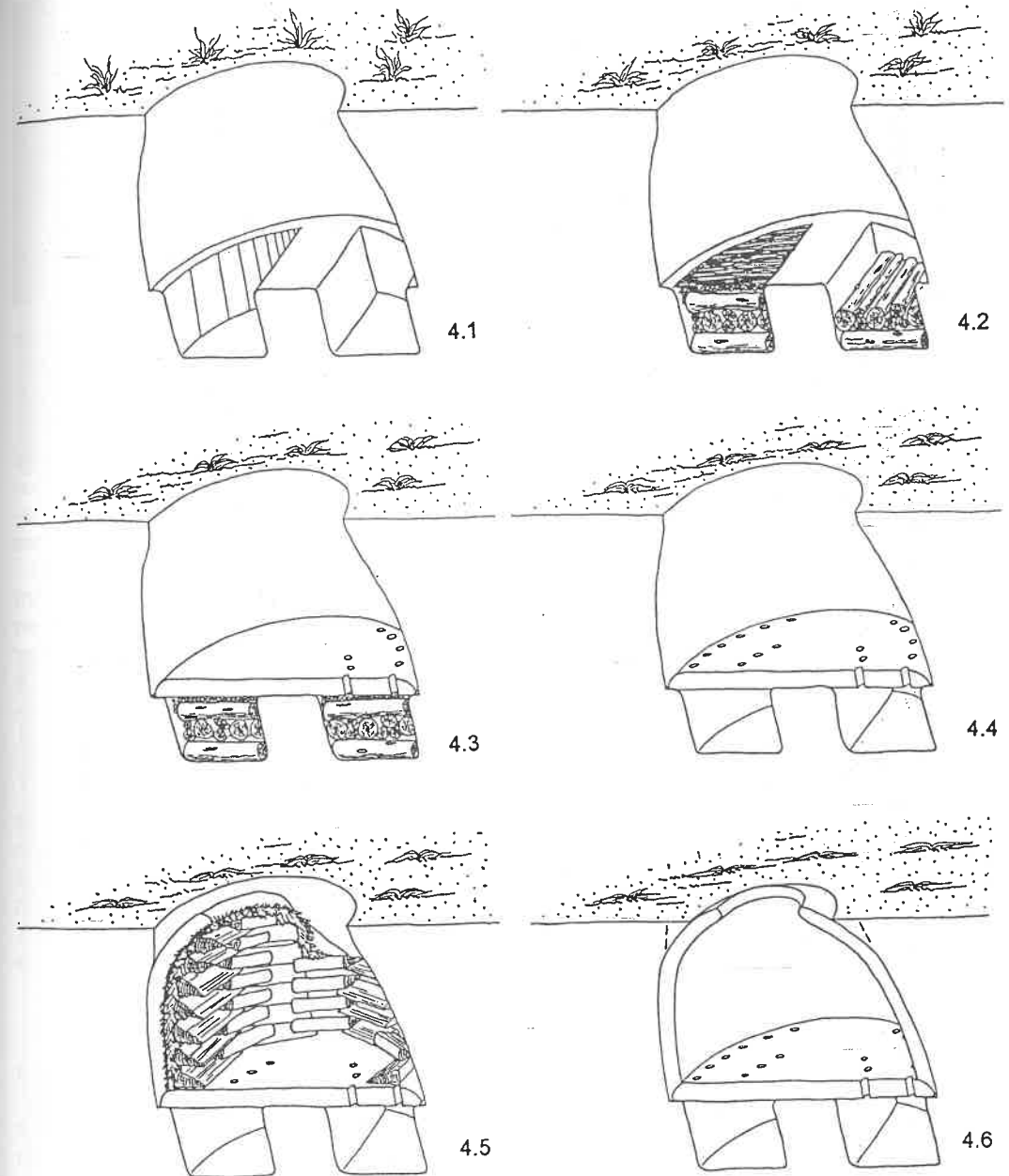


Abb. 4: Schematische Darstellung der Aufbauphasen: 4.1: Grube für Heiz- und Brennraum, Lochtennenstütze; 4.2: Stützkonstruktion für Lochtenne; 4.3: Lochtenne aufgebracht; 4.4: Lochtenne gebrannt; 4.5: Stützkonstruktion für Kuppel; 4.6: Kuppel gebrannt

auch als Beschickungsöffnung verwendet wurde, betrug 50 cm. (Diese Größe wurde vorausgesetzt, da wir Originalkeramik mit bis zu 45 cm Durchmesser in der Arbeitsgrube gefunden hatten).

Der Bau der Kuppel dauerte 5 Stunden. Abschließend wurde der Ofen zum ersten Mal beheizt und die Kuppel ausgebrannt (Abb.9).

Restaurierung des Ofens im April 1994:

Nach mehreren Bränden im Sommer und Herbst 1993 wurde der Ofen über den Winter offen stehen gelassen.

Im April 1994 bot sich folgendes Bild: Schürhals und Lochtenne waren in tadellosem Zustand. Der Rand der Kuppel war teilweise ausgebrochen, wobei die gleiche Rußschwärzung wie im Originalbefund am Übergang Kuppel - gewachsener Boden zu erkennen war.

Die Schürhalsvorbauten waren eingestürzt. Auch der Zustand vom Übergang Schürkanal - Arbeitsgrube entsprach genau dem Befund von Mannersdorf/March.

Beim Wiederaufbau der Schürkanalvorbauten wurden zwei unterschiedliche Typen ausgewählt. Der südliche stellt eine röhrenförmige Verlängerung des Schürkanals dar. Der nördliche hat bei gleichem Durchmesser der Öffnung wie der südliche eine birnenförmige Erweiterung als Vorbrennkammer.

Die Kuppel wurde nicht restauriert.

2.2. Brennversuche:

Meßstation 1: am Übergang zwischen Schürhals und Schürkanal sowie an der Grubenwand. Dieser Meßpunkt war nur in der Anfangsphase des Brandes von Bedeutung, da das Feuer während des Brandverlaufes weiter nach hinten verlagert wurde.

Meßstation 2: unter der Lochtenne im Heizraum

Meßstation 3: über der Lochtenne im Brennraum

Meßstation 4: über der Abzugsöffnung



Abb. 5: Arbeitsgrube, Schürkanäle und Grube für den Heiz- und Brennraum

Beschickung:

Die Herstellung von Keramik war nicht Ziel des Versuchs. Deshalb wurden nur an den viritischen Punkten Nachbildungen latènezeitlicher Ware eingesetzt. Der Großteil des Ofens wurde mit Blumentöpfen beschickt. Die Repliken wurden aus handelsüblichem Drehton hergestellt, die Oberfläche war feinglättet, und dienten zur Kontrolle der Brandführung. Das eingesetzte Brenngut wurde mit einer dichten Scherbenlage abgedeckt.

Brennstoff:

Als Brennmaterial erhielt Weichholz den Vorzug. Zum Einsatz kamen Scheite von ca. 50 cm Länge mit einer Stärke von 3 cm. Um den Verbrauch in den jeweiligen Brennphasen genau ermitteln zu können, wurde das Material in Maßeinheiten zu je 0,02 Festmeter unterteilt.

Brand 1:

Wetter: Niederdruckwetter, warm und schwül.

Beschickung: Der Ofen wurde nur zur Hälfte angefüllt. Das Brenngut (25 Repliken und 20 Blumentöpfe) wurde, mit der Öffnung nach unten, in der Mitte auf der Tenne geschichtet (Abb.10) und mit einer dünnen Scherbenlage abgedeckt.

Brennmaterial: Weichholz mit einer Scheitgröße von ca. 50 x 3 x 3 cm. Der Arbeitsaufwand für das Zurichten des Holzes betrug ca. zwei Stunden.

Gesamtverbrauch: ca. 0,25 Festmeter.



Abb. 6: Lochtennenstütze und Unterbau für die Lochtenne



Abb. 7: Stampfen der Lochtenne



Abb. 8: Schürhalsvorbauten, Lochtenne, „Arbeitschlitz“

Brandverlauf:

Brandbeginn war um 12 Uhr 40 Minuten. Die Vorheizphase (Abb.11) (Feuer vor den Schürhalsvorbauten) dauerte etwa eine halbe Stunde. Nachdem vor den Schürhalsen ein Glutstock aufgebaut worden war, der das rasche Entzünden des neu aufgelegten Holzes gewährleistete, wurde das Feuer langsam in die Schürkanäle verlagert. In den Schürhalsen wurde abwechselnd nachgelegt. Dies hatte den Vorteil, daß der Temperaturabfall im Brennraum, der beim Anbrennen des frischen Holzes entstehen kann, ausgeglichen wurde.

Fehlbrände: Keine

Brand 2: (Abb.15)

Wetter: Niederdruckwetter, schwül, drei Stunden nach Brandbeginn zog ein Gewitter auf, das bis Brandende anhielt.

Beschickung: Bis 20 cm unter den Kuppelrand wurde Keramik (40 Blumentöpfe und 30 Repliken) mit der Öffnung nach unten eingesetzt. Den Abschluß bildete eine ca 10 cm starke, dicht gelegte Scherbenlage.

Brennmaterial: siehe oben.

Gesamtverbrauch: ca. 0,3 Festmeter.

Brandverlauf:

Brandbeginn war um 16 Uhr. Vorheizphase s.o. Die ersten drei Stunden, bis im Brennraum eine Temperatur von 500 Grad erreicht worden war, wurde im Schürkanal gefeuert, dann wurde das Feuer weiter nach hinten, bis unter die Lochtenne (Abb.12) verlegt. Nach einer weiteren Viertelstunde begann die Lochtenne zu glühen (650 Grad). Nach vier Stunden glühte die Keramik kirschrot (Abb.13). Eine Dreiviertelstunde später schlug zum ersten Mal der Fuchs durch (bei 800 ° Celsius, nur im hinteren Bereich der Kuppel) (Abb.14). Nach fünf Stunden war die Keramik hellorange, nach Fünfdreiviertelstunden brannte auch der Ruß auf der obersten Scherben-deckschicht ab. Zu diesem Zeitpunkt war im Brennraum eine Spitzentemperatur von 936 Grad erreicht worden und der Abkühlungsprozeß begann. Nach 13 Stunden war der Ofen bei offenen Zügen auf 40 Grad abgekühlt.

Fehlbrände: Keine



Abb. 9: Ausbrennen der Kuppel



Abb. 10: Einsetzen der Keramik

Anm.: Der starke Regen beeinflusste den Brand nicht.



Abb. 11: Vorheizen



Abb. 12: Das Feuer ist bereits im Heizraum



Abb. 13: Beginnende Rotglut bei ca 560 Grad

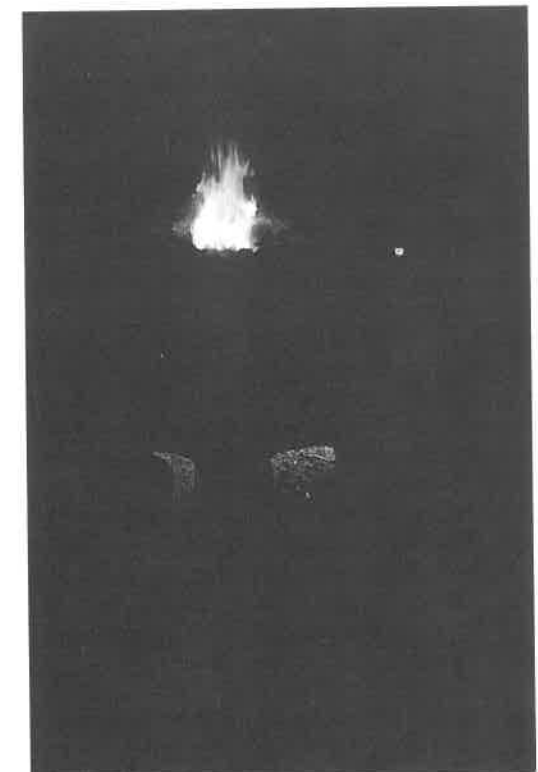


Abb. 14: Der Fuchs schlägt durch.

3. Ergebnisse

3.1. Ist es zulässig einen Ofen nach diesem Befund zu rekonstruieren?

Wie unter Punkt 1 bereits beschrieben, war die Anlage nur noch in spärlichen Resten erhalten. Vor allem was den Brenn- und den Heizraum betrifft hatten wir wenig Anhaltspunkte. Trotz der archäologischen Parallelen, vor allem aus Tschechien, der Slowakei und Ungarn, blieben doch einige Unsicherheitsfaktoren bestehen: Vor allem der Übergang Schürkanal - Heizraum, die Form der Schürhalsvorbauten und natürlich der Kuppel waren nicht eindeutig geklärt.

Wir glauben, daß diese Rekonstruktion aufgrund folgender Argumente zu vertreten ist:

Wie bereits erwähnt, wurde die Rekonstruktion im Frühjahr 1994 restauriert. Dabei stellte sich heraus, daß sowohl die Bauabfolge (Schwärzung der Kuppelaußenseite) als auch der Übergang der Schürhalsvorbauten (inklusive Rutenabdrücke) - Arbeitsgrube dem Befund entsprachen.

Was die Lochverteilung der Tenne betrifft, konnten wir nur beim äußersten Ring auf den Originalbefund zurückgreifen. Die inneren beiden Ringe wurden aufgrund von archäologischen Parallelen und eigener Erfahrungswerte, die aus anderen Ofenbauten gewonnen wurden, gewählt.

Vom Befund her läßt sich ein Schachtofen wahrscheinlich ausschließen (Abb. 2). Der Brennraum kann als Kuppel rekonstruiert werden. An dieser Stelle möchten wir ein Beispiel für die Problematik der Kuppelrekonstruktion anführen: Auch bei unserem bereits erwähnten Versuchsofen in Buttendorf war es uns nicht möglich, aufgrund des Versturzes der Kuppel eine Aussage über ihre ursprüngliche Form zu treffen.

3.2. Welche Vorteile bringt ein Lochtennenofen mit zwei Schürkanälen?

Der offensichtlichste Vorteil zeigt sich beim Heizen: Temperaturabfälle, die beim Nach-

legen entstehen können, werden durch alternierendes Heizen in den beiden Schürhalsen ausgeglichen (Abb.15). Dadurch ist ein schnellerer, vor allem aber ein gleichmäßigerer Temperaturanstieg möglich.

Ein weiterer Vorteil dieses Ofentyps besteht darin, daß, im Gegensatz zu anderen Lochtennenöfen, eine durchgehende Lochtennenstütze vorhanden ist. In diesem Bereich sind dadurch keine Strömungswiderstände gegeben. Auch beim Schüren wird man durch die Stütze nicht behindert (Abb.3).

3.3. Warum ist der Schürkanal durch Überdachung künstlich verlängert?

Wie Versuche mit unterschiedlichen Schürhalsvorbauten gezeigt haben, ist dessen Form von großer Bedeutung. Eine birnenförmige Erweiterung im vorderen Bereich des Schürhalses fungiert als Vorbrennkammer. Sie gewährleistet im Gegensatz zu einem röhrenförmigen Schürhals ein ruhigeres und gleichmäßigeres An- und Verbrennen des Holzes.

Während des Brandes sind die Öffnungen der Schürhalse durch permanentes Nachlegen stark beansprucht und werden oft beschädigt. Dadurch sind häufig Reparaturen notwendig. Unserer Meinung nach sind diese Vorbauten leichter auszubessern, oder neu zu bauen, als ausgebrochene Teile der Tunnelung.

Außerdem halten wir es für möglich, daß die Schürhalsvorbauten eine weitere strömungstechnische Funktion haben. Dieser Punkt müßte aber noch genauer untersucht werden.

3.4. Brennverhalten?

Der Ofen, der sowohl von uns, als auch im Rahmen des Museumsbetriebs mehrfach beheizt wurde, bewies in jeder Hinsicht seine Funktionalität.

In der Vorheizphase haben sich die Schürhalsvorbauten bewährt, selbst beim Vorfeuern zieht der Ofen sofort (auch wenn er kalt oder feucht ist). Die Temperatur steigt

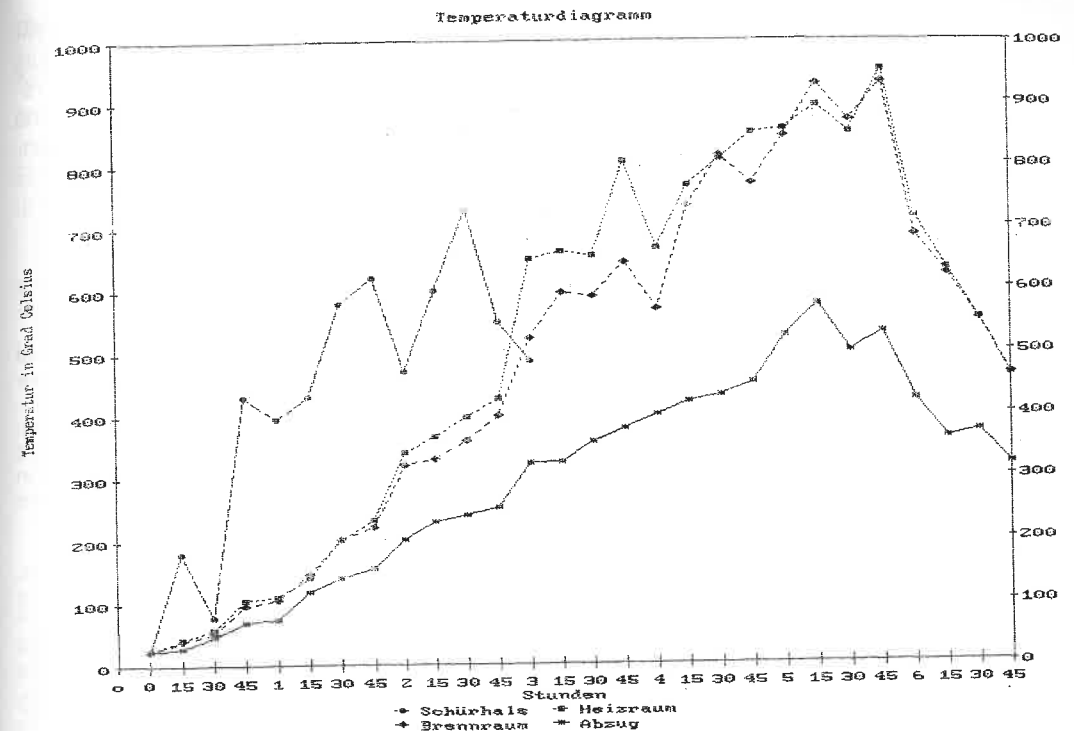


Abb. 15: Temperaturdiagramm von Brand 2

in den Vorbauten bis ca 400 Grad C an, danach wird das Feuer langsam weiter nach hinten geschoben, bis es sich zuletzt im Heizraum befindet.

Aus dem Temperaturdiagramm (Abb. 15) ist ersichtlich, daß die Temperaturabfälle, die beim Nachlegen in dem einen Schürkanal entstehen, durch den jeweils anderen ausgeglichen werden und den Temperaturanstieg im Brennraum nicht beeinflussen.

Beim Heizen ist darauf zu achten, daß der Glutstock nicht zu groß wird (Verlegen des Schürkanals), um nicht den Zug des Ofens zu beeinträchtigen. Vor allem bei Temperaturen über 800 Grad C kann es so zu starken Temperaturabfällen kommen, die durch Schüren jedoch sofort wieder ausgeglichen werden können. Bei niedrigeren Temperaturen (bis 700 Grad C) ist dieses Problem nicht so ausgeprägt. Es reicht aus, in beiden Schürkanälen regelmäßig nachzulegen, um einen konstanten Anstieg der Temperatur zu gewährleisten: „Der Ofen holt sich, was er braucht.“

Der Unterschied bezüglich eines vollen und halbvollen Brennraums besteht darin, daß sich beim Zustand einer nur 50 prozentigen „Zuladung“ ein geringerer Temperaturstau im Bereich des Abzugs entwickelt. Dies wirkt sich sowohl auf die Temperaturverteilung im Bereich des Brennraums aus, als auch auf die Rauchabzugstemperatur. Bei nicht vollem Ofen ziehen die Flammen nicht so schnell bis in den hinteren Bereich des Brennraums. Die höchsten Temperaturen werden dabei im vorderen Bereich der Lochtenne erzielt. Außerdem differieren die Temperaturen des Heizraums und des Brennraums im höheren Bereich um durchschnittlich 120 Grad C.

Bei vollem Ofen ziehen die Flammen bis zu den hintersten Feuerlöchern. Es gibt daher geringere, bis gar keine Unterschiede zwischen den Temperaturkurven des Heiz- und Brennraums. Auch der Fuchs schlägt zuerst im hinteren Bereich der Kuppel durch.

In diesem Zusammenhang muß auch darauf hingewiesen werden, daß die Schlichtung des Brennguts großen Einfluß auf die Brandatmosphäre hat. Es ist darauf zu achten, daß der Brennraum in der untersten Lage ausgefüllt ist, da sonst die Hitze seitlich an der Keramik vorbeiziehen kann. Es ist nicht notwendig, Brennhilfen zu verwenden. Die Keramik kann direkt auf die Lochtenne gesetzt werden, da die Lochtenne dünn genug ist, um komplett durchzuglühen.

Durch die Eintiefung des Ofens ist eine optimale Wärmeisolierung gegeben: In 20 cm Entfernung der Kuppel, bei 420 Grad C, wurden nur 40 Grad C gemessen. Diese Temperatur blieb auch in späteren Brennphasen konstant. Das bedeutet, daß durch die eingetiefte Kuppel kein großer Wärmeverlust gegeben war.

Auch in der Arbeitsgrube hält sich die Hitzeabstrahlung in Grenzen. In der Anheizphase wurden vor dem Schürhals 35 Grad gemessen (bei einer Außentemperatur von 16 Grad). Wird das Feuer in den Heizraum verlegt, sinkt die Temperatur in der Arbeitsgrube auf 20 Grad ab. Es herrscht eine angenehme Arbeitstemperatur.

Die Wetterverhältnisse, wie Wind oder Regen, haben nur in der Anfangsphase Einfluß auf den Brand.

Bei unseren verschiedenen Brennversuchen war bis zu Temperaturen von 800 Grad C kein signifikanter Unterschied im Holzverbrauch festzustellen. Um Temperaturspitzen von 870 bis 930 Grad C zu erreichen, muß nur etwas häufiger Holz nachgelegt werden.

4. Zusammenfassung und Vorschau:

Aufgrund eines Befundes aus Mannersdorf/March wurde, nach einigen Vorversuchen, dieser Ofentyp im Maßstab 1:1 rekonstruiert, wobei das Hauptaugenmerk auf die Funktion des doppelten Schürkanals gerichtet war. Auch eine Deutung der gesondert konstruierten Schürhalsvorbauten (siehe Befund) ließ sich empirisch nachweisen. Die aufgrund der Rekonstruktion erhaltenen Ergebnisse las-

sen den Schluß zu, daß die spätlätènezeitliche Keramikherstellung und Brenntechnik hoch entwickelt war. Wir planen, den rekonstruierten Ofen verfallen zu lassen und anschließend zu graben und zu dokumentieren.

Anmerkungen:

- 1) Paul FASSHAUER: Technologische Auswertung des Grabungsbefundes spätlätènezeitlicher Töpferöfen. *Jdschr. mitteldr. Vorgesch.*, 43, 1959, 245 ff.
- 2) Wir danken Univ.-Ass. Dr. Marianne SCHNEIDER für die botanische Bestimmung der Abdrücke an der Unterseite der Lochtenne. Binsen (Ordnung *Juncaceles*) wachsen in Feuchtbiotopen (unser Ofen liegt auf der ersten Marchterrasse), die Blätter und Halme sind meist stielrund und - dem nassen Standort entsprechend - von gekammertem Durchlüftungsgewebe erfüllt.
- 3) Publikation in Vorbereitung.
- 4) Wir danken dem Direktor Dr. Helmut WINDL und Hr. Klaus STADELMANN für die uns zuteil gewordene Hilfe und Unterstützung.
- 5) Herwig FRIESINGER, Helga KERCHLER: Ein Beitrag zur völkerwanderungszeitlichen Keramik (2. Hälfte 4.-6. Jahrhundert n. Chr.) in Niederösterreich, Oberösterreich und dem Burgenland, *ArchA* 65, 1981, 193 ff.
- 6) Karol PIETA: Die Púchov-Kultur. *Studia Arch. Slovaca*, 1, 1982, 130 f.
- 7) Milan PRINC, Ludvik SKRUZNY: Ein latènezeitlicher Töpferofen in Brecekoly. *Památky Arch.* 68/1, 1977, 164 ff. Ondrej OZDANI, Jana HECKOVA: The Latène Period Settlement at Cataj. *Slovenska Archeologia* 35/II, 1987, 391 ff. Eva B. BONIS: Die spätkeltische Siedlung Gellerthehy-Taban in Budapest. *Archaeologia Hungarica* 47, 1969, 132 ff. Nagy LAJOS: Ein spätlätènezeitlicher Keramikofen von Bekasmejeri. *Arch. Értesítő*, 1942, 162 ff.

Anschrift der Verfasser:

Johann Reschreiter und Natalie Tuzar
Arbeitsgemeinschaft für Experimentelle
Archäologie der ÖGUF
Institut für Ur- und Frühgeschichte
Franz Klein Gasse, A - 1190 Wien

Ritzzeichnungen auf zwei kaiserzeitlichen Kuppelöfen aus dem Reiderland

Ein Beitrag zur Herstellungstechnik eines unbekanntes Ofentyps

Hermann Haiduck

Auf dem westlichen Uferwall der Ems im Gebiet des Reiderlandes liegen eine Reihe vorgeschichtlicher Siedlungen, die bis in die vorrömische Eisenzeit zurückreichen. Während in der Frühzeit die Siedlungsperioden mit dem stetigen Erhöhen der Wohnplätze einhergehen, kommt es in der Zeit um Christi Geburt zum Ausbau ausgedehnter Flachsiedlungen.

Solch eine Siedlung aus der älteren römischen Kaiserzeit befand sich auch bei Boomborg-Hatzum und wurde beim Abbau des natürlichen Tonvorkommens zur Backsteinherstellung freigelegt. Bei näheren Untersuchungen des Gebietes entdeckte man Schichten einer noch älteren Siedlung, die bis in die vorrömische Eisenzeit zurückreichte und dann durch langjährige Grabungen von W. Haarnagel erschlossen wurde.

Aus der von dem Bagger abgeziegelten Fläche der jüngeren, wesentlich weiter ausgedehnten Flachsiedlung stammt der Fundkomplex von dickwandigen Keramikscherben, die zu einem Kuppelofen gehörten, der weitgehend ergänzt werden konnte (Abb. 1 u. 6). Außerdem wurde an gleicher Stelle ein verschlacktes Gefäß geborgen. Aus den oberen Schichten der Grabung stammen einige Scherben und ein grö-

beres Fragment des gleichen Ofentyps (Abb. 3;4) sowie eine Reihe Fehlbrand-scherben von Gefäßen. Ein weiterer Fundkomplex eines Kuppelofens sowie andere dickwandige Keramik, darunter ein Webgewicht, auch verschlackte Gefäßscherben - alles mit unsicheren Fundumständen - befand sich im Grenzland-Heimatmuseum Weener und stammt aus dem Gebiet um Midlum, wo er wahrscheinlich ebenfalls in Zusammenhang mit dem Tonabbau der Gegend gefunden wurde (Abb. 3;1/4;1 u. 2/5;1,2,4,5,8).

Ein dritter Materialkomplex mit Ofenscherben und Ofenfragmenten sowie verschiedene dickwandige Deckel und Ofenroste aus Ton liegt aus der Grabung der Siedlung Bentumersiel vor, deren Funde auf die Anwesenheit römischen Militärs in den ersten Jahrzehnten des 1. Jhs. hinweisen (Abb. 3;5/4;3). Die Ofenfunde gehören ebenso wie der Teil eines Ofenrostes aus Pogum (Abb. 2) nach begleitenden Keramikfunden in diesen Zeitabschnitt.

Bei dem Fund von Midlum sind in Ritztechnik dargestellte Tierzeichnungen auf verschiedenen Scherben erhalten, die auch auf einige merkwürdige Einritzungen des Boomborger Ofenfundes aufmerksam machen. Scherben solcher Kuppelöfen sind außer im Reiderland in älter-kaiserzeitlichen und kaiserzeitlichen Siedlungen des niedersächsischen Küstengebietes häufig verbreitet. Neben den Reiderländer Funden stammen Bruchstücke aus den Wurtensilens und Einswarden, Kr. Wesermarsch, aus der Wurtensiedlung Feddersen Wierde und von der Geestsiedlung Flögeln-Eekhöltjen, beide im Kreis Cuxhaven. Darüber hinaus reicht die Verbreitung des Ofens und seiner Varianten mindestens bis in die Niederlande und nach Dänemark.

Eine Reihe solcher Funde stammt aus Siedlungen der älteren römischen Kaiserzeit im nördlichen Dithmarschen, und Volker Arnold bezeichnet den Typ als Lochplattenofen. Darunter befindet sich ein weitgehend rekonstruierbarer Ofen aus Weddinghusen, der auch für die Rekon-

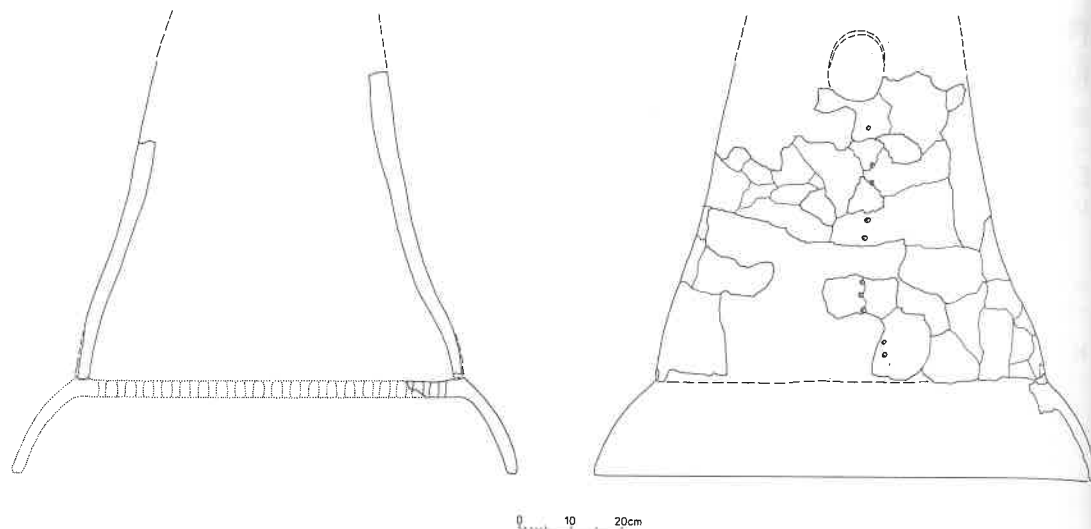


Abb. 1: Boomborg-Hatzum - Ofen, Ansicht und Schnitt

struktions- und die Klärung der Herstellungstechnik der niedersächsischen Öfen bedeutsam ist. Daneben sind auch die Versuche zur ehemaligen Nutzung des Ofens durch V. Arnold aufschlußreich.

Aus den Scherben des Boomborger Ofens ließ sich eine glockenähnlich geschweifte Kuppel zusammensetzen, die am oberen unvollständigen Teil noch den Ansatz einer runden Öffnung enthält, die der rechteckigen Öffnung des Weddinghusener Ofens entspricht und als Rauchabzugsloch anzusehen ist. Solch ein Abzugsloch ist durch einige Scherben vom Rand der Öffnung auch für den Ofen von Sillens nachzuweisen. Es wurde bei der Herstellung in den lederharten getrockneten Ton hineingeschnitten, wie an den scharfen Konturen dieser Fundstücke zu erkennen ist (Abb. 3;2/5;3).

Die Kuppel des Boomborger Ofens ruhte auf einem flachen Unterbau mit durchlochtem Rand, von dem zwar nur noch wenige Teile erhalten sind, die aber zur gesicherten Rekonstruktion ausreichen. Ein weiterer Fund von dieser Grabungsstelle ist ein Fragment vom Unterbau eines Ofens, worauf an anderer Stelle noch eingegangen

wird. Der obere Abschluß der Kuppel könnte, wie bei dem Ofen von Weddinghusen, eine flache Platte oberhalb des Abzugsloches gewesen sein, doch gibt es dafür keine konkreten Beweise. Eine Scherbe aus dem Midlumer Ofenfund könnte aus dem Bereich des Kuppelabschlusses stammen, der danach leicht gerundet war. Doch dieses ist nicht sicher zu erkennen. Wenngleich dieser Ofen - anders als der von Boomborg-Hatzum - durch eine umlaufende und etwas vorkragende Verstärkungsrippe stabilisiert ist, von denen der Weddinghusener Ofen an der Kuppel zwei Rippen und am Unterbau eine Rippe durch zusätzliche Bandhenkel gesichert aufweist, entspricht er doch genau dem von V. Arnold erforschten Herstellungsvorgang und auch dem der anderen in Fragmenten vorhandenen Öfen von Midlum, Sillens, Flögeln und der Feddersen Wierde. Auch diese Öfen wurden über Kopf aufgebaut, wie an den Tierzeichnungen des Midlumer Ofens zu erkennen ist, die ebenfalls auf dem Kopf stehend an der Ofenwandung erscheinen und am Ende des Herstellungsprozesses in den schon etwas getrockneten Ton geritzt wurden. Der Aufbau der umgekehrten Kuppel endete mit dem Abstreichen des Randes.

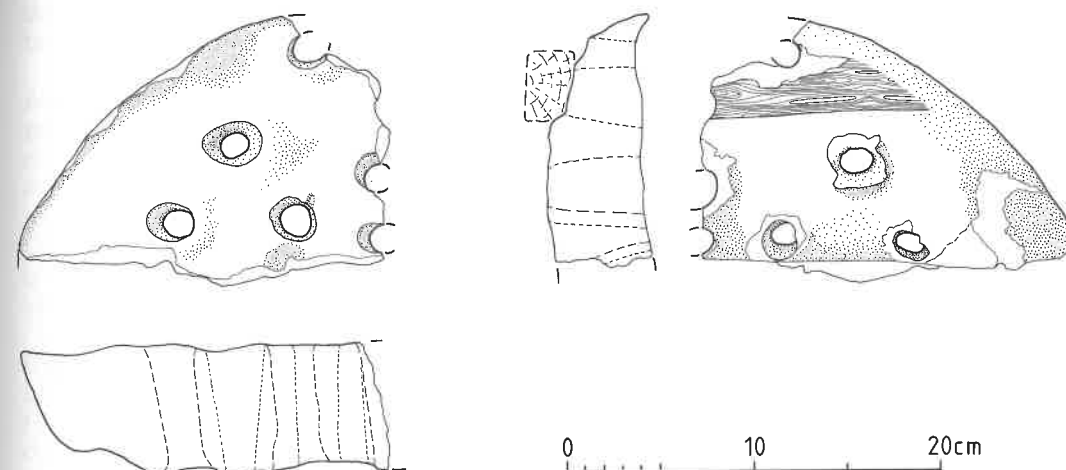


Abb. 2: Pogum - Rostfragment, Ansichten und Schnitte

Über die breite Öffnung der Kuppel wurden dann Leisten gelegt, die sich in dem damals noch etwas weichen Rand als Abdruck abzeichneten. Sie bildeten die Unterstützung der mit Löchern versehenen Platte (Rost), auf die an anderer Stelle noch eingegangen wird. Gleich darauf begann dann die Aufwölbung der Wandung des flachen Unterbaues, wobei ein Teil der Masse dieses Bauabschnittes über dem darunter befindlichen Kuppelrand gestrichen wurde, um die Teile miteinander zu verbinden (Abb. 7), eine Ausführung, die ebenso auch an einem Kuppelbruchstück aus Einswarden und einem weiteren Bruchstück aus Midlum (Abb. 9;4) zu sehen ist.

Bei dem Ofen aus Sillens erfolgte in dieser Stufe der Arbeit die gleichzeitige Ausformung eines umlaufenden Vorsprungs, in der Art, wie er am Weddinghusener Ofen auftritt (Abb. 3;2). Anders als bei dem Flögeler Ofen, wo diese Handhabe im unteren Teil der Kuppel angebracht ist (Abb. 3;3), liegt sie hier auf der Höhe des beginnenden Unterbaues und zeigt deutlich den Zusammenhang von Kuppel und Unter-

bau. Alle entsprechenden Arbeitsvorgänge sind an den Ofenfragmenten durch Abdruck- und Werkspuren nachzuweisen. Erhalten blieb von diesem Ofen auch ein Bruchstück, das den Zusammenhang von Kuppel und Unterbau zeigt.

Dagegen lassen die Ofenfragmente aus Midlum erkennen, daß eine breite Handhabe den unteren Rand der Kuppel umzieht, die Wandung noch etwas weitergeführt ist, darauf dann die hölzernen Träger für das Rost aufgelegt wurden. Danach erfolgte die Aufwölbung der Wandung des Unterbaues, und nach Antrocknen der Masse wurde das Rost eingeformt. Hier ist die Platte mit recht kleinen Löchern versehen und nicht oder zu oberflächlich mit dem Gefäßkörper verstrichen worden, so daß sie sich deshalb später von der anschließenden Wandung absetzte. Auch bei diesem Ofen ist wieder deutlich der feste Zusammenhang von Kuppel und Unterbau bei diesmal eingesetzter Lochplatte festzustellen. Daß eine feste Verbindung von Kuppel und Unterbau bestand, ist auch an dem Fragment aus Planquadrat 244 von Boomborg-Hatzum zu erkennen,

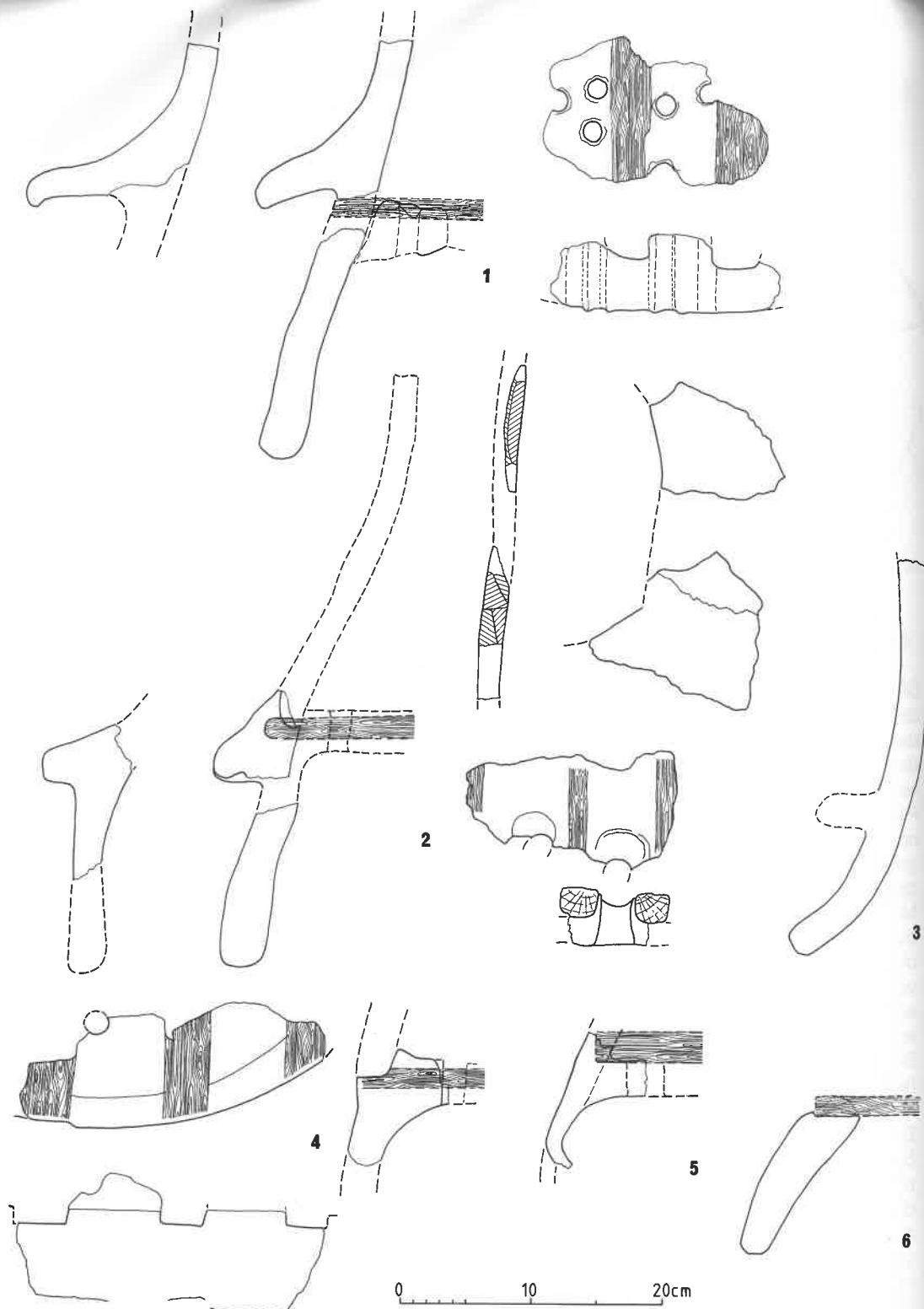


Abb. 3: 1 Midlum, 2 Sillens, 3 Flögeln (Kuppelprofil), 4 Boomborg-Hatzum, 5 Bentumersiel, 6 Feddersen Wierde

wo sich der Randabdruck der Kuppel in der später aufgetragenen Maße des Unterbaues abzeichnet (Abb. 3;4).

Auch ein Fragment vom Unterbau mit dem erkennbar verbundenen Rostansatz aus der Grabung Bentumersiel (E 259) läßt im Ansatz den nicht unterbrochenen Wandungsverlauf in die Kuppel erkennen: Ober- und Unterbau waren durchgängig, und der Rost war mit dem Unterbau fest verstrichen (Abb. 3;5).

Die Herstellungstechnik des Rostes (oder Lochplatte oder Lochtenne) ist durch eine Reihe von verschiedenen Spuren und Abdrücken an den Ofenscherben zu erkennen. Der Kuppelrand (der untere) des Boomborg-Hatzumer Ofens enthält sechs Abdrücke von Leisten in 6-8 cm Abstand, die über diese Öffnung gelegt wurden und kantige Profile aufwiesen, also bearbeitete Hölzer darstellten. Der zweite Boomborger Fund (Abb. 3;4), bei dem Rost und Unterbau am Fragment noch gut verbunden sind, enthält ebenfalls rechteckige Leistenabdrücke bis zu 3,5 cm Breite, in Abständen von 6-7 cm. Bei den anderen Ofenfragmenten betragen die Abstände der Leisten: Pogum 8 cm, Feddersen Wierde (Unterbaustück) 4 und 5 cm, Flögeln 4,5 und 5,5 cm, Midlum 5 cm und Sillens (1 Meßpunkt) = 8 cm. Nach den Abdrücken an den Ofen sind bei den Leisten Breiten von 3 cm \pm und Stärken von ca. 2 cm \pm zu erkennen. Teilweise, aber seltener, sind runde Profile, also unbearbeitete Hölzer als Trägerleisten verwendet worden. Bei den kantigen Profilen kommen neben polygonalen Querschnitten auch exakt rechteckige Abdrücke vor, die auf besonders sorgfältige Vorbereitung der Leisten schließen lassen. Nach dem Auftragen der Masse über den Trägerleisten erfolgte das Einformen der Löcher. Dieses geschah dann entlang der Leisten durch Einstiche mit dem Finger in die weichplastische Tonmasse und einer Glättung der Randbereiche der Löcher. Dabei entstanden durch das Vorhandensein der Leisten relativ gerade verlaufende Lochreihen und eine vollständige Glättung nur auf der Oberseite des (auf dem Kopf

stehenden) Werkstückes. Auf der Innenseite ergaben sich erhebliche Unebenheiten durch Aufwürfe und Aufbrüche vom Durchstoßen des Tones (die im Innenraum der Kuppel verschwanden). Der Durchmesser der Löcher beträgt, wie zu erwarten, Fingerstärke. An der Lochplatte des Midlumer Ofens, dem zweiten Boomborger und dem Pogumer Fund fielen die Durchstöße dabei sehr dünn aus. Wie bei der Verwendung des Auflagegerüsts eine rißfreie Schwindung erreicht wurde, die von den Leisten ja nicht mitgemacht wurde, ist nicht bekannt. Voraussetzung dafür war sicher ein langsamer, kontrollierter Trockenprozeß vor dem Brand des Ofens. An dem Midlumer Ofen zeigt ein Unterbaufragment den Durchstoß einer Tragleiste durch die Wandung. Wahrscheinlich wurden die (rechteckigen) Leisten im trocknenden Zustand aus dem Werkstück herausgezogen. Bei anderen Teilen zeichnen sich jedoch die Leistenendungen vor dem Rand ab, hier besteht aber noch die Möglichkeit, daß die Träger zur Gegenseite herausgezogen wurden, die nicht mehr erhalten ist.

An dieser Stelle muß noch auf andere runde Lochplattenfunde hingewiesen werden, die wohl nicht im Zusammenhang mit dem beschriebenen Ofentyp stehen und in anderer Weise als die mit Kuppel und Unterbau verbundenen Roste geformt wurden. Es handelt sich dabei um einen weitgehend erhaltenen Rost aus der Feddersen Wierde und einige Bruchstücke aus Bentumersiel im Reiderland (Abb. 4;6 u. 7/5;7). Der Fund von der Feddersen Wierde hat einen Durchmesser von 51/52 cm bei 4 cm Stärke. Die in dichter Folge angelegten Löcher entsprechen denen des behandelten Ofentypus, sind jedoch noch etwas mehr ausgeweitet und mehr gestreut, weil keine Tragleisten eingelegt wurden. Diese Platte wurde liegend auf einem unbekanntem Untergrund geformt und bedurfte deshalb keines Auflagegerüsts. Am rechteckigen, profilierten, abgestrichenen Rand zeichnen sich halbmuldenförmige Fingereindrücke ab, die offensichtlich davon herrühren, daß beim Durchstoßen der Platte mit dem Finger, (zur Herstellung der

Löcher), die Masse seitlich auswich und durch Fingerdruck die Form der Platte korrigiert wurde. Bei den Rostbruchstücken von Bentumersiel (Durchmesser 60 cm) ist der Rand gerundet und ebenfalls ohne Tragleisten geformt. Ob beide Lochplatten in solch einem Ofen wie der bisher beschriebene Typ eingepaßt waren, erscheint zweifelhaft, weil die Schwindungsprobleme schwer zu meistern gewesen wären. Transportabel ist ein solches Werkstück erst nach dem Antrocknen oder dem Brand. In beiden Fällen wären Verbindungen mit der im Aufbau befindlichen Kuppel und dem Unterbau kaum zu realisieren, weil unterschiedliches Schwindungsverhalten vorlag. Vielleicht bestand aber eine andere Art der Montage mit Unterbau und Ofenkuppel.

Hier führen niederländische Funde aus Midden-Delfland (Flamman 1992/93) weiter, unter denen sich Bruchstücke vom Ansatzbereich Kuppel - Unterbau - Rost befanden, wobei der Rostansatz als kragenartiger Vorsprung mit einer umlaufenden Lochreihe geformt ist. Daneben wurden Roste in der Art von dem aus Bentumersiel gefunden (unter denen sich auch ein Rost mit Bandhenkel befand), die in den Ofen einlegbar waren, wobei der randgelochte Vorsprung das Widerlager bildete. Dabei kann es sich nur um einen oben offenen Ofentyp handeln, in dem der Rost durch die Öffnung paßte. Bei der Herstellung dieses Ofens entfielen allerdings die Probleme, die bei dem Typus mit dem festverbundenen Rost auftraten.

Ungesichert bleibt vorerst die Feuerungsöffnung am Unterbau unseres Ofentyps. Vielleicht entspricht diese aber der eines Bruchstücks eines Ofens aus älterer Zeit, das aus den Schichten der ältereisenzeitlichen Siedlung Boomborg-Hatzum stammt und vielleicht zu einer ähnlichen Ofenvariante gehörte (Abb. 4;4/5;6). An dem Fragment ist der seitliche Rand einer Öffnung zu sehen, die zur Befuerung des Ofens gedient haben wird. Etwas eingerückt daneben liegt ein kleines rundes Zugloch, und am oberen Rand, der vielleicht zu einer Kuppel vermittelte, befindet sich eine wulstartige Verstärkung. Vom Scherbenge-

füge her unterscheidet sich das Fragment von dem späteren Ofen durch Granitgrusmagerung, die zu einem beträchtlich höheren Gewicht führt, außerdem ist die Wandung mit 42 mm stärker als an vergleichbarer Stelle beim späteren Ofentyp, der in der Magerung der überwiegend gelbgrau gebrannten, sehr leichten Tonware der Kaiserzeit im Reiderland entspricht.

Diese Materialbeschaffenheit ist auch bei den Öfen in Gebieten mit überwiegend reduzierend gebrannter, also schwarzer und meist granitgrusgemagerter Tonware, verbreitet, wie in Sillens und Einswarden. Das Unterbaufragment von der Feddersen Wierde läßt beide Magerungsarten erkennen. Hier ist die angestrebte Feuerfestigkeit des Werkstücks deutlich zu erkennen, die bei pflanzlicher Magerung besser erreicht wurde und im Reiderland ohnehin die vorherrschende Art der Magerung der Keramik ab der Zeit um Christi Geburt bildete.

Die Maße der Öfen, zunächst ohne Berücksichtigung der Höhe, sind annähernd gleich (Tabelle) und reichen bei den Durchmessern des Unterbaues von ca. 67-90 cm und bei der Kuppel von 65-75 cm. Die Höhe des Feuerraumes bis zur Lochplatte beträgt 12-16 cm, die Wandstärken liegen beim Unterbau zwischen 2,7-3,5 cm und bei der Kuppel zwischen 2,4 - 2,8 cm. Während die Stärke der Kuppelwandung des Boomborger Ofens nach oben hin zunimmt, was auf den umgekehrten Aufbau zurückzuführen ist, verhält es sich bei dem Ofen von Sillens genau umgekehrt, denn hier liegt die oberste meßbare Stärke bei 2 cm (am Abzugsloch). Die Erklärung hierfür liefern die Nachbearbeitungsspuren, die auf ein Abschälen der Kuppelwandung hinweisen. Zu den Nachbearbeitungen gehört auch das Einschneiden des Abzugsloches. Zweifellos sollte das Gewicht des Ofens gemindert werden, um ihn transportabler zu gestalten. Äußerst bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang auch das bereits genannte Ofenfragment aus Bentumersiel vom Ansatz der Kuppel, Rost und Unterbau, wobei letzterer eine

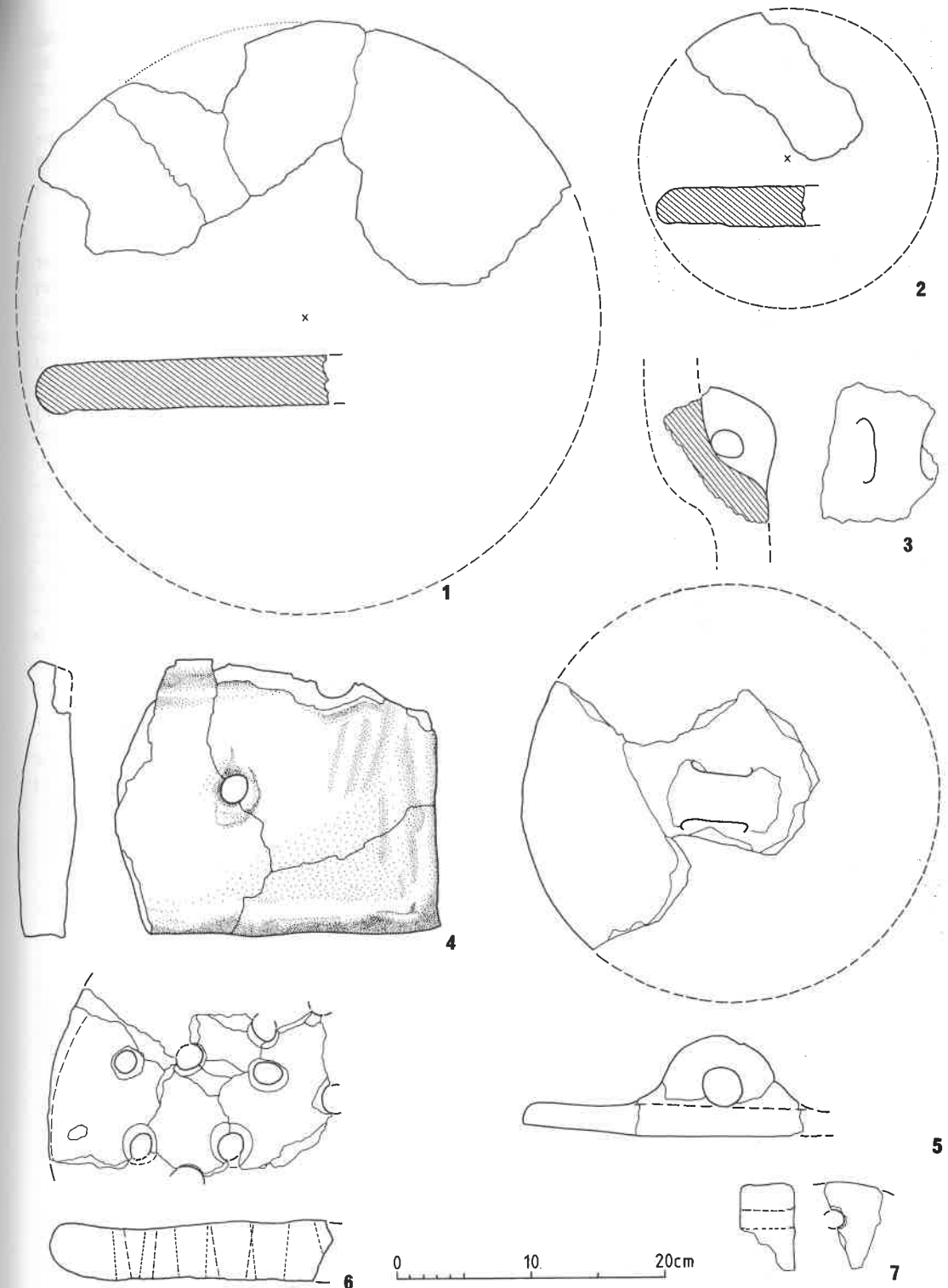


Abb. 4: 1 u. 2 Midlum, 3 Bentumersiel, 4 Boomborg-Hatzum, 5-7 Bentumersiel

Wandstärke von nur einem Zentimeter aufweist! (Abb. 3;5)

Nach dem Aufbau des Ofens und dem Trocknen war ein Brand zur Festigung erforderlich. Durch Brennsuren an den Fundstücken sind hierzu einige wichtige Erkenntnisse gewonnen worden, die den Herstellungsprozeß weiter erhellen. Die Brennsuren rühren teils vom primären Brand zur Festigung des Ofens und teils von dessen späteren Nutzung her. Nutzungssuren sind vielleicht die, die an der Innenwandung der Unterbauten und teilweise auch im Kuppelraum (Sillens) als versprödete, krakelierte, violettrote Oberflächen zu erkennen sind und vom Beheizen der Öfen herrühren. Die größeren, gesinterten Partien mit glasigem, grünlich-grauem Aussehen auf den beiden Öfen von Boomborg-Hatzum und Midlum rühren offensichtlich nicht von der Nutzung der Öfen, sondern von deren Brand her. Diese Annahme begründet sich durch die Fragmente des Midlumer Ofens. Hier befinden sich die starken Sinter- und Verschlackungspartien am unteren, äußeren Rand des Unterbaues und am Rand und der oberen Fläche des umlaufenden Kuppelringes. Dagegen ist die Unterseite des Kuppelringes nur normal gebrannt und enthält keine Sintersuren, lag also im Feuerschatten der Flammen. Die Erklärung dieser ungewöhnlichen Erscheinung - Befuerungssuren von der Nutzung des Ofens waren an diesen Stellen nicht zu finden - liegt in der Annahme, daß der über Kopf aufgebaute Ofen in gleicher Stellung auch gebrannt wurde, nicht zuletzt, um die große Bruchgefahr des ungebrannten Werkstückes zu verringern. Die vielen Stabilisierungsleisten des Weddinghusener Ofens zeigen ja, wie schwer die Handhabung, also der Transport des Ofens war, eine Tatsache, auf die an anderer Stelle noch näher eingegangen wird. Ungebrannt war der Ofen sogar noch empfindlicher. Bei der Größe des Objektes sind die Brennprobleme bei dem sicher erfolgten Feldbrand zu ahnen, die bei seiner Festigung auftraten. Daß dabei der Brennverlauf nicht vollständig kontrollierbar war und bis in

den Grenzbereich der Zerstörung des Werkstückes durch Überbrennen führte, ist wahrscheinlich. Deutlich sekundärer Natur sind Sintersuren am Rand des Unterbaues am Fundstück 244 Bb von Boomborg-Hatzum, die von der Weiterbenutzung des an einer Wulstnaht abgebrochenen Ofens herrühren.

Nach Untersuchungen des in der Nähe der Grabung Boomborg-Hatzum anstehenden Tones durch H.W. Hennicke und M. Rossmannith beginnt das Aufblähen der Keramik oberhalb 1100° C oder bei einer zu hohen Aufheizgeschwindigkeit schon vorher. Eigene Brennversuche (im Elektroofen) mit dem Scherbenmaterial des jüngeren Fundhorizontes, das dem Ofen entspricht, zeigten in diesem und noch höherem Temperaturbereich (1180° C) eine Sinterung, also eine starke Verdichtung des Scherbens, aber noch kein Aufblähen. Die oberflächlichen Aufblähungen an der Ofenwandung sind deshalb wohl auf scharfes sauerstoffreiches Feuer zurückzuführen, wie es bei der Verwendung von Buschwerk oder ähnlichem Brennmaterial entsteht.

Bis auf die Einritzungen in die Ofenwandung, wozu es nötig ist im Bauvorgang der Öfen noch einmal zurückzugehen, sind jetzt alle Aspekte und Stufen der Herstellung behandelt worden.

An der Kuppel des Ofens aus Sillens befindet sich eine senkrecht aufgelegte dünne Tonleiste, die als Verzierung anzusehen ist. Wie zuvor dargestellt, enthalten zwei Reiderländer Öfen wohl spontane Graffiti, also seltene Kunstäußerungen der Küstenbewohner aus dem Anfang unserer Zeitrechnung (Abb. 9 u. 10).

Die kleinen Tierdarstellungen und andere Ritzungen auf dem Midlumer Ofen wurden am umgekehrt aufgebauten Ofen im Unterbau und am Unterhang des Trageringes der Kuppel eingeritzt. Vom Unterbau besteht ein größeres Fragment mit verschiedenen Zeichnungen (Abb. 9;1). Deutlich erkennbar ist dabei die Darstellung eines Hundes (oder Wolfes?) in Seitenansicht mit flächig

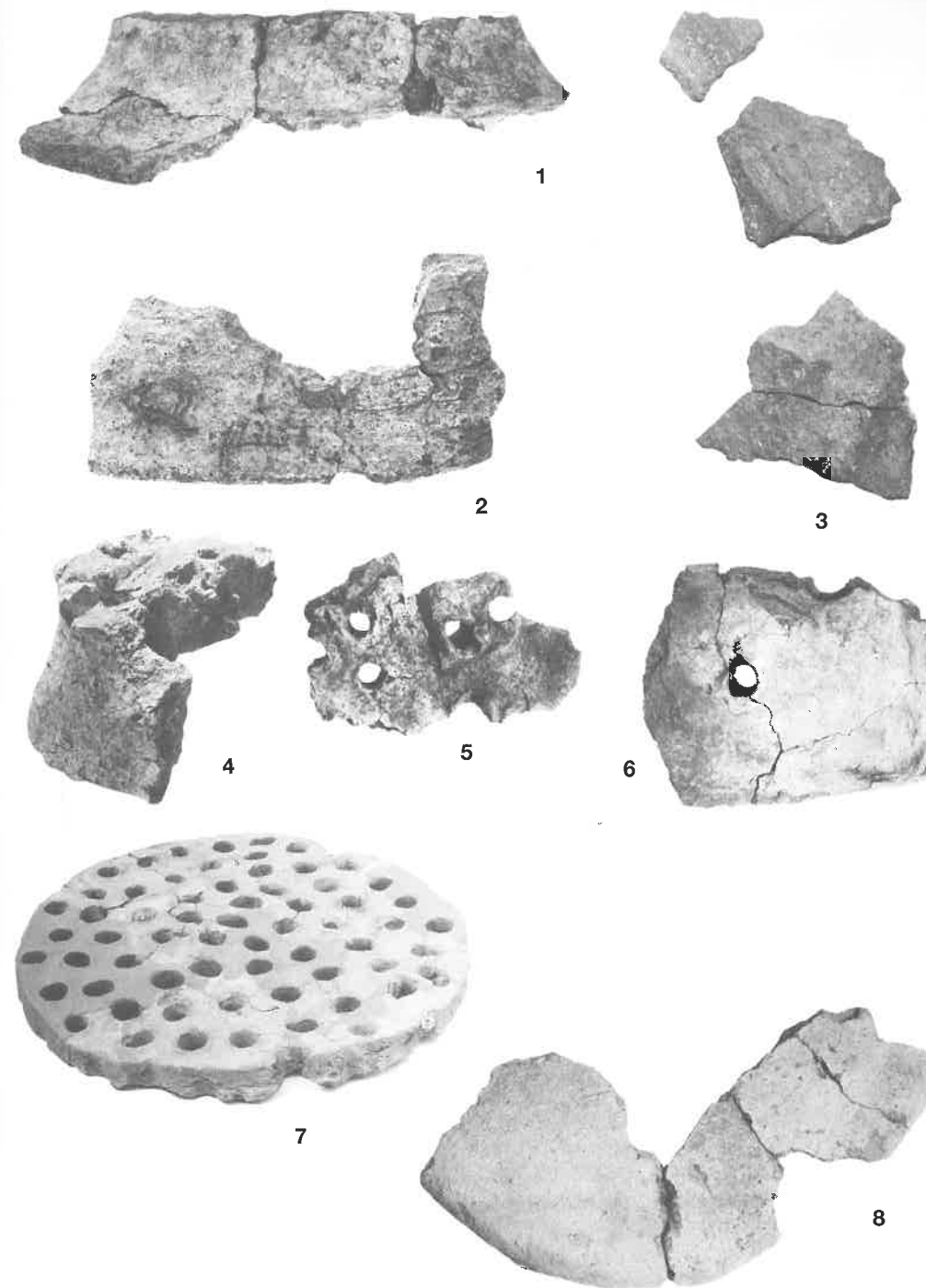


Abb. 5: 1 Midlum - Kuppelfragment mit Ritzzeichnungen, 2 Midlum - Unterbaufragment mit Ritzzeichnung, 3 Sillens - Fragmente vom Abzugsloch (siehe Abb. 3;2), 4 Midlum - Unterbau mit Rostansatz und Abdruck der Trägerleiste, 5 Midlum - Bruchstück vom Rost, 6 Boomborg-Hatzum - Fragment vom Unterbau (siehe Abb. 4;4), 7 Feddersen Wierde - Rost, 8 Midlum - Fragment einer Tonscheibe (siehe Abb. 4;1)



Abb. 6: Boomborg-Hatzum - Ofen mit Rekonstruktionsversuch

ausgefülltem Körper und die mit einfachen Linien ausgeführten vier Beine und der Schwanz. Dabei sind Ober- und Unterlauf durch Abwinklung erkennbar. Durch die Sinterung im Bereich der Zeichnungen sind viele Linien stark verändert und nicht immer deutlich zu erkennen. Gegenüber der Hundedarstellung befindet sich in linearer Ausführung eine entweder stark stilisierte Tierzeichnung mit vier senkrechten Strichen (Extremitäten), die von einer horizontalen links abwärts gebogenen Linie (Körper und Schwanz) ausgehen und nach unten abwinkeln, am rechten Ende der horizontalen Linie gehen zwei senkrechte Linien nach oben ab. (Hörner), oder es handelt sich um die Darstellung einer Falle. Daß letztere Möglichkeit eher in Betracht

che an, die die vordersten der senkrechten Linien kreuzen. Weiter links sind zwei Zeichnungen miteinander verwoben, eine linear und eine flächig mit durch Linien angedeuteten Extremitäten, die beidseitig stark abgespreizt sind, wodurch der dynamische Ausdruck eines in Kampfbereitschaft befindlichen Tieres (Stier?) entsteht. An der einschneidenden linearen Zeichnung sind Hinterteil und Oberschenkelansatz ausgebildet, die auf ein Rind oder Pferd hindeuten.

Etwas darunter liegt eine Zeichnung, die als nicht vollständig ausgeführte und fragmentarische Darstellung eines galoppierenden Pferdes interpretiert werden könnte, weil die gewinkelten Beine weit nach vorn ausholen.

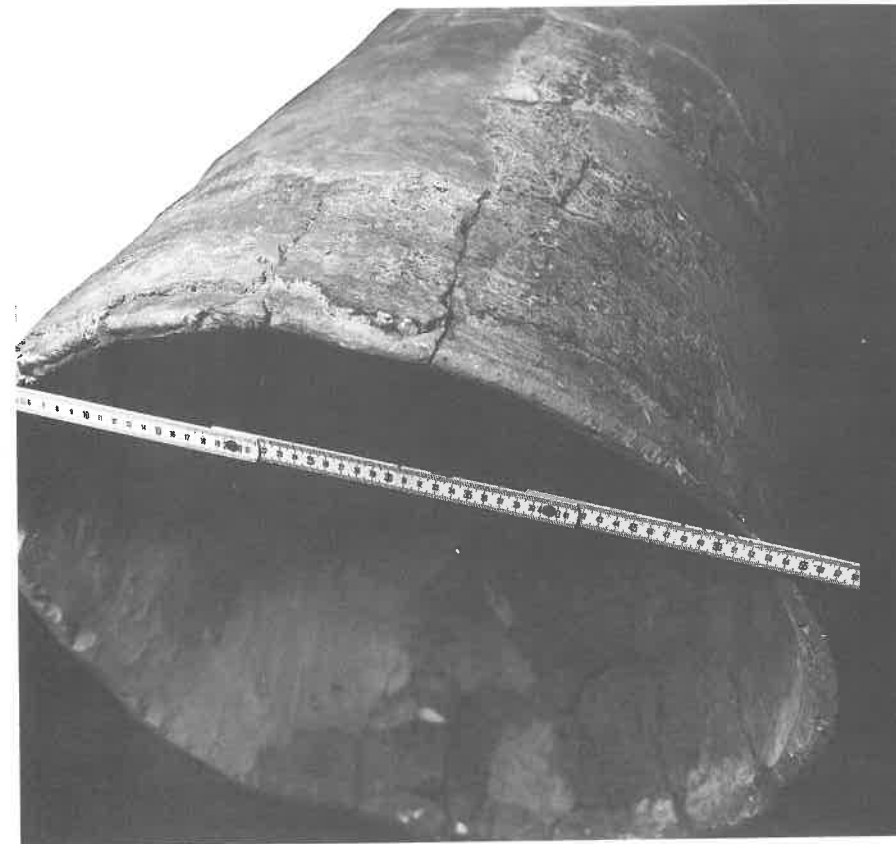


Abb. 7: Boomborg-Hatzum - Kuppelrand mit Abbruch der Verbindungsmasse

Neben den Zeichnungen auf dem zusammenhängenden Teil des Unterbaues existieren einige Scherben aus gleicher Position, die sehr starke Sinterspuren aufweisen, wodurch die Darstellungen schlecht zu erkennen sind. Eine Scherbe enthält die zur Hälfte erhaltene Zeichnung mit Kopf, Hals, Vorderkörper und Ansatz eines Vorderlaufs, die auf Grund des schlanken Halses für ein Wildtier oder eine Ziege charakteristisch wäre (Abb. 9;3). Angedeutet ist auch ein Geweih oder ein Horn. Eine weitere Zeichnung scheint ein auf den Hinterbeinen stehendes Tier darzustellen (Abb. 9;2). Deutlich ist dabei die Stilisierung eines Hufes zu erkennen. Hierbei könnte es sich um die Darstellung einer Ziege handeln, für die diese Körperhaltung typisch ist.

Die Tierzeichnung an dem Stabilisierungsring der Kuppel hat weniger Feuer abbekommen und ist besser zu erkennen, verursacht aber auch Schwierigkeiten bei der Interpretation. Das wieder in Seitenansicht dargestellte rinderähnliche Tier trägt einen Höcker oder es handelt sich um eine Korrektur der Zeichnung (Abb. 9;5). Das breit ausladende Liniengebilde am undeutlich ausgeführten Kopf könnte als Geweih, Hörner oder als Joch angesehen werden. Der lange Schwanz deutet weniger auf ein Wildtier als auf ein Rind hin. Diese Zeichnung entspricht im Detail des Hinterteils der vom Unterbau des Ofens, die mit der flächigen Tierdarstellung (Stier?) verbunden ist. Der Darstellung gegenüber auf der gleichen Scherbe befindet sich eine sehr kleine stilisierte Tierzeichnung, die von

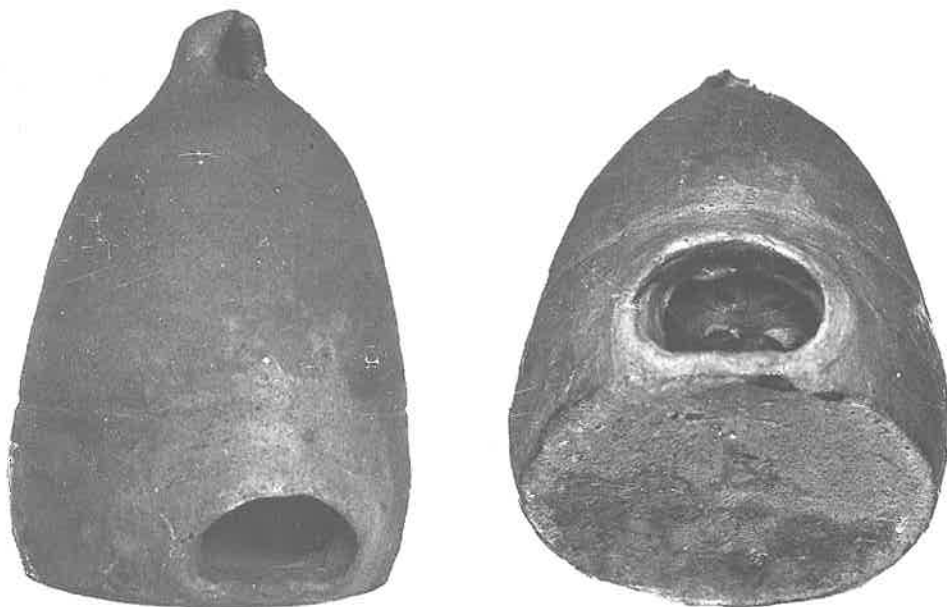


Abb. 8: Ofenmodell von Nijmegen

einem Kind ausgeführt worden sein könnte. Die Qualität der Zeichnungen ist unterschiedlich, der überwiegende Teil derer vom Unterbau ist als karikaturhaft bis stilisiert zu charakterisieren, während die Darstellung des Rindes am Unterhang des Kuppelringes - die deswegen auch noch schwierig auszuführen war - durch die Winkelungen der Extremitäten Kenntnisse der Anatomie (oder von Darstellungen anatomischer Details) verrät und an paläolithische Kunst erinnert. Die Fragen nach Vorbildern und Anregungen sind schwer zu beantworten. Verbergen sich dahinter vielleicht Begegnungen mit Darstellungen aus dem römischen Kulturkreis - solche Kontakte waren in Bentumersiel durch das römische Militär ja gegeben - oder waren solche Kunstäußerungen damals nicht so unbekannt wie es nach der spärlichen Fundlage angenommen wird? Etabliert waren zu diesem Zeitpunkt geometrische Muster, wie sie vielfach auf der Gefäßkeramik der Kaiserzeit auftreten und im krassen Gegensatz zu solchen freien Zeichnungen stehen. Noch ungewöhnlicher und kaum interpretierbar sind deshalb auch die

Zeichnungen auf dem Ofen von Boom-borg-Hatzum, die keinen Gegenstand mehr erkennen, aber auf eine planmäßige Ausführung schließen lassen (Abb. 10).

Zunächst ist auf der Kuppelwandung, zwischen Abzugsloch und unterem Rand, auf eine senkrecht ungenau verlaufende Reihe runder Eindrücke hinzuweisen. In diesem Bereich liegen auch geritzte, stark stilisierte Zeichnungen, wobei sich die Frage stellt, ob diese ebenso wie bei dem Midlumer Ofen am kopfstehenden Werkstück gezeichnet wurden, wovon hier jetzt ausgegangen wird. Danach liegen im unteren Teil links neben der Punktreihe zwei gleiche Figuren, die jeweils rechts und links gewendet sind: eine unten gegabelte Linie mit in der Mitte rechtwinklig abzweigendem Strich. Rechts davon befinden sich verschiedene sich kreuzende Linien und damit verbunden ist oben eine horizontal ausgerichtete Reihe kleiner in der Höhe gestaffelter senkrechter Linien. Vielleicht verbergen sich hinter den Zeichnungen stilisiert dargestellte menschliche Figuren (mit Kopfschmuck?). Oben links befindet

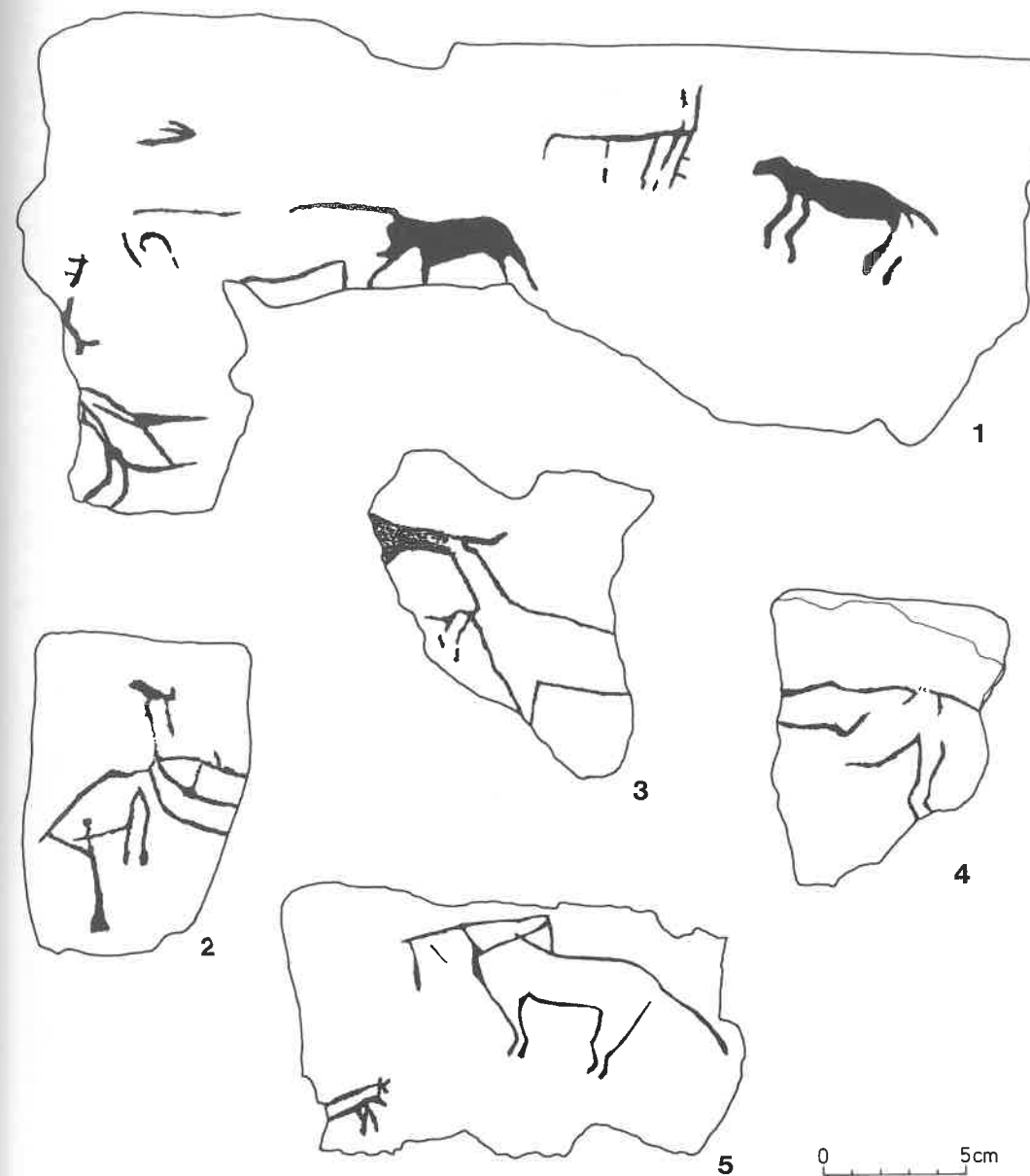


Abb. 9: Midlum - Ritzzeichnungen

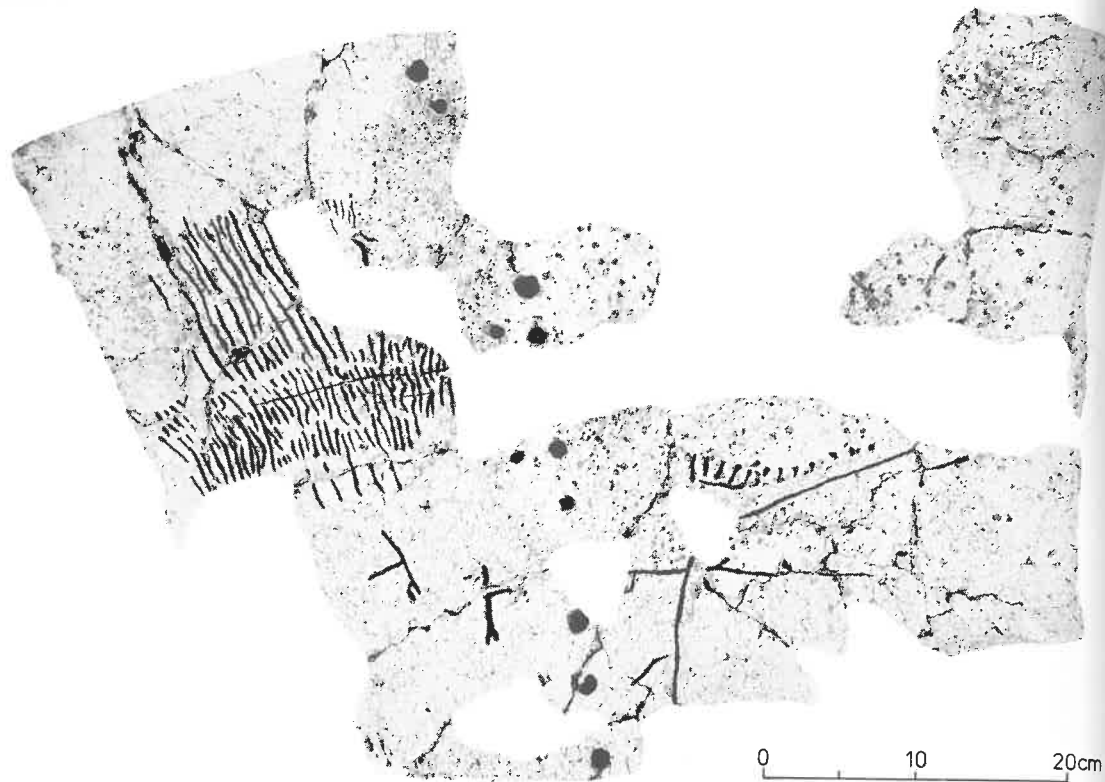


Abb. 10: Boomborg-Hatzum - Ritzzeichnungen

sich eine merkwürdige Zeichnung, die aber eine ausgeprägte axial-symmetrische Anordnung erkennen läßt und aus drei Zonen verschiedener nicht verbundener, senkrechter Linien besteht. Unten in der Mitte sind es fünf kurze Striche, darüber liegt eine breit ausladende gestrichelte Fläche verschieden langer unregelmäßig verteilter paralleler Ritzlinien, die oben seitlich ausbiegen.

Stark eingezogen folgt darüber eine Fläche meist langer Linien mit am oberen Ende liegenden kurzen Zwischenstrichen. Alle drei Zonen gewinnen ihren Zusammenhang neben den Grundfiguren durch die im wesentlichen parallele Strichführung. Das ganze Gebilde erinnert an eine Konstruktion aus Naturmaterial wie Äste und Zweige und läßt dabei an eine Falle denken. Vielleicht stehen alle Zeichnungen

miteinander in Verbindung und stellen eine Jagdszene dar, wie sie häufig Gegenstand von Kunstäußerungen viel älterer Kulturen waren. Ihre starke Stilisierung, die sie mit diesen gemeinsam haben, ist wohl weniger ein Ausdruck einer zeitlichen Stilstufe, als der des ungeschulten Bewußtseins und eine Befähigung der künstlerischen Einlassung, wozu auch die Tierzeichnungen des Midlumer Ofens gehören, die über die elementaren Notwendigkeiten der Alltagsverrichtungen hinausgingen.

Überlegungen zur Funktion des Ofentyps

Solche Überlegungen sind der schwierigste Teil der Bearbeitung; da sie auf viele Widersprüche und ungeklärte Befunde stoßen. Zusammenfassend sind folgende Merkmale des Ofentyps herauszustellen,

die sich vorerst auf die hier vorgestellten Funde im nördlichen Niedersachsen beziehen. Der wesentliche Unterschied in der Konzeption des Ofens zu den bisher veröffentlichten Annahmen liegt in der Erkenntnis des Zusammenhangs von Unterbau und Kuppel und der damit weitgehend ausgeschlossenen Möglichkeit der Beschickung des Ofens durch Abnahme der Kuppel, wie es ein Keramikbrennofen erfordern würde. Schon bei der von W. Haarnagel vorgestellten Rekonstruktion des Ofens, bei dem der Verfasser dieser Untersuchung mit beteiligt war, wurde von einer festen Verbindung beider Teile ausgegangen und neben dem vervollständigten Ansatz des Abzugsloches von einer weiteren mit Deckel verschließbaren Öffnung oben in der Kuppel, um der Vorstellung eines Keramikbrennofens Ausdruck zu geben. Solche Deckel mit Handgriff kommen auch in den Fundhorizonten der Öfen in den aufgeführten Grabungen vor. Bemerkenswert ist ein Deckelfragment aus Bentumersiel (Durchmesser ca. 32 cm), das primär durch oxydierenden Brand gefestigt ist und an der Unterseite leichte Reduktionsbrandspuren aufweist, wonach der Deckel als Ofenschluß gedient haben kann. Der Zusammenhang mit dem hier behandelten Ofentyp ist unbewiesen. Ein oben offener Ofentyp verbirgt sich wahrscheinlich hinter den im nördlichen Jütland (Ginderrup) verbreiteten über 1 m hohen Gefäßen aus der Zeit um Christi Geburt, die unten eine relativ kleine Öffnung aufweisen und am oben eingezogenen Teil mit Henkeln besetzt sind. Neben der transportablen Art kommt auch eine fest mit dem Boden verbundene Variante dieses Gefäßkörpers vor.

Das innerhalb eines Hauses in der Hausecke aufgefundene Gefäß von Ginderrup mit einer aus Lehm geformten Bank daneben und den Resten eines Troges wird als Backofen gedeutet, in dem (wie nach Vergleichen mit orientalischen Einrichtungen) Fladenbrot gebacken wurde (Lerche 1968).

Unter den Tonbruchstücken aus Bentumersiel befindet sich auch ein mit einem Hen-

kel versehenes Teil, das von der Schulter eines solchen Gefäßes stammen könnte (Abb. 4;3). Zu dieser Gefäß- oder Ofenart könnten auch solche Deckel gehört haben, wie sie hier mehrfach genannt sind.

Nach Kenntnis des vollständigeren Weddinghusener Ofens und der Interpretation durch V. Arnold ist, (wenn, wie es scheint, der gleiche Typ vorliegt) die Rekonstruktion des Boomborg-Hatzumer Ofens unwahrscheinlich geworden. Der sicher schwierige Aufbau des Ofens war darauf gerichtet, eine feste Verbindung von Kuppel, Rost und Unterbau zu erreichen. Das angestrebte Ziel lag darin, einen transportablen Ofen zu produzieren, der neben einer minimal erforderlichen Wandstärke ein nicht zu hohes Gewicht hatte und offenbar auch äußerlich höheren ästhetischen Ansprüchen genügen sollte. Letzteres ist ja deutlich an der sorgfältigen Flächenbehandlung und dem ansprechenden Erscheinungsbild der Öfen abzulesen. Die Zeichnungen auf den Ofenwandungen möchte ich jedoch davon ausnehmen, weil sie kopfstehend keinen Ziereffekt haben.

Daß die Öfen später häufig am Übergang von Kuppel und Unterbau zerbrochen, ist auf die Schwachstelle von Konstruktion und Aufbaupause zurückzuführen, die durch das notwendige Abtrocknen des Kuppelrandes und der darauf aufgetragenen frischen Masse für Rost und Unterbau entstand.

Schon durch die aufgeführten Merkmale unterscheidet sich der Ofen von stationär aufgebauten Keramikbrennöfen, die in großer Vielfalt bei archäologischen Grabungen nachgewiesen und in ihrer Funktion mehrfach durch Experimente erprobt wurden. Bei diesen meist viel dickwandigeren Öfen ist auf das Erscheinungsbild weniger Sorgfalt gelegt worden; sie unterscheiden sich schon dadurch von dem hier vorgestellten Ofentyp. Auch fällt auf, daß in der Regel beim Rost (viele Keramiköfen haben gar keinen) weniger Löcher (Düsen) vorgesehen waren. Der gravierende Unterschied zwischen beiden Arten liegt in der

fehlenden Beschickungsöffnung des vorgestellten Ofentyps, weitgehend auch in seiner Transportabilität und der geringen Möglichkeit der Befuerung, weshalb die am häufigsten geäußerte Annahme, es sei ein Keramikbrennofen, kaum in Frage kommt. Zudem erscheint es auch merkwürdig, daß gerade in der Zeit des Niederganges der Keramikqualität (im Reiderland), die sich in der Zeit des Aufkommens dieses Ofentyps vollzieht, solch ein aufwendiger Ofen zur Anwendung gekommen sein soll.

Im Zusammenhang mit den Ofenfundkomplexen stehen oft ausgeglühte Scherben, aber auch andere aus Ton geformte normal gebrannte Gegenstände, auf die schon hingewiesen wurde. Das gilt ebenso für die Funde aus Schleswig-Holstein, wie für die des Reiderlandes und die aus Sillens und Flögeln. Aus einer in einem Hause liegenden Grube in Flögeln stammen außer dem Ofenfund sogar Bruchstücke eines Feuerbocks zum Einstellen von Kochgefäßen in die Herdstelle, ein konisches Webgewicht und (nicht überbrannte) Keramik. Bei dem Boomborg-Hatzumer Fund befand sich ein kumpffartiges Gefäß, das vom Rand her über die Hälfte hinaus starke Sinter- bis Verschlackungsspuren durch Überbrennen aufweist, also in der Position dem Feuer ausgesetzt war, wie es häufig bei Rohware im Brennofen der Fall war. Unübersehbar ist also immer ein Zusammenhang mit Keramik, der den Gedanken an einen Brennofen nährt. Hier stellt sich die Frage, ob es sich bei einigen Ofenfunden nicht ohnehin um Fehlbrände handelt, die zusammen mit anderen Fehlbränden in den Abfall gelangten. Zumindest könnte das für die beiden Öfen aus dem Reiderland gelten, denn an einer Stelle am Rand des Oberbaues vom Boomborg-Hatzumer Fund ist eine von außen erfolgte Versinterung zu bemerken, die sich auch über die Abbruchkante (von Unter- und Oberbau) hinzieht. Die Scherben vom Unterbau des Midlumer Ofens sind ja ebenfalls durch Überbrennen versintert und dadurch stark verformt, so daß eine Benutzung dieses Ofens vielleicht nie stattgefunden hat. Das würde mit Sicher-

heit zutreffen, wenn einige völlig verzogene Scherben des Fundes ebenfalls zum Ofen gehörten, wie es den Anschein hat.

In dem Fundkomplex von Midlum befanden sich neben stark überbrannten Scherben größerer Gefäßkörper auch zwei schwach gebrannte dicke, runde Tonscheiben mit dem Durchmesser 18 und 46 cm, wobei die große Scheibe eine sorgfältige Glättung der Oberseite und des abgerundeten Randes aufweist, während die Unterseite Spuren der unsauberen Bodenaufgabe durch den Herstellungsvorgang erkennen läßt (Abb. 4;1 u. 2/Abb. 5;8). Die kleinere Scheibe ist beidseitig geglättet und dem geringeren Durchmesser entsprechend dünner. Der Gedanke, daß es sich um aufheizbare Unterlagen zum Backen von Fladenbrot handelt, ist in Erwägung zu ziehen.

Bei dieser Mischung von Funden ist der Zusammenhang mit der Ofenfunktion schwer zu ergründen. Eher ist an Abfälle zu denken, die zufällig zusammenkamen oder an eine Art von bisher ungeklärtem Zusammenhang, wie er sich mit den dänischen Ofenfunden andeutet, die hier genannt werden.

Bei der von V. Arnold geäußerten Vorstellung, das eine Scherbenfüllung des Ofens zur Wärmespeicherung diene, stellt sich die Frage, warum dann die Verschlackung (der Scherben) nicht auch am Ofen nachzuweisen ist. Denn bei gleichem Brand wären auch gleiche Zustände des Materials zu erwarten. So müßten auch die dünnwandigen Roste starke Versinterungen aufweisen. Wiederholt aufgeheizte Scherben verändern sich nach meinen Versuchen aber nur entsprechend den Brennverhältnissen. Dennoch ist V. Arnolds Gedanke - den er als einen von einer Reihe verschiedener Anwendungsmöglichkeiten vorstellt -, daß es sich bei dem Ofen um einen Wärmeofen handelt, eine naheliegende Interpretation. Auch die angemessene Scherbenfüllung zur Wärmespeicherung ist denkbar, wenn deren Sinterspuren auf andere Ursachen zurückgehen. Viel-

leicht waren überbrannte Scherben mit ihrer aufgeblähten Struktur besser dazu geeignet.

Der Gedanke an einen Hausofen führt zu einem, wiederum im nördlichen Jütland, (neben den Großgefäßen) in zwei Exemplaren gefundenen rechteckigen Ofentypus von Nøhá bei Thisted aus der Zeit um Christi Geburt. Der erste in der Grabung gefundene Ofen von 65x65 cm Grundfläche (ein zweiter Ofen mit der Grundfläche von 95x95 cm ist noch nicht bearbeitet worden) war mit recht dünner Wandstärke auf dem Untergrund in der Ecke eines durch Lehmwände aufgeteilten Hauses aufgebaut worden, in dem sich auch verschiedene Gruben befanden, von denen eine durch eine Lehmmauer abgeschirmt war.

Bedeutsam ist, daß die Front des Ofens durch aufgelegte teils dreifache Zierleisten kassettenartig aufgegliedert und so eine beeindruckende Schauseite erzielt wurde. Den Abschluß des 1 m hohen Ofens bildet eine flache in der Mitte aufgewölbte Platte mit ovaler Öffnung. Der Aufbau dieser

Platte entspricht der mit Leisten unterstützten Herstellung des Rostes unseres Typs. Im Ofen lagen zwei runde Holzscheiben mit Handgriff und ein kammartig gezahntes Holz - Gegenstände, die mit Backen in Verbindung gebracht werden können, vielleicht zum Aufbringen des Teiges und zum Abnehmen der gebackenen Fladenbrote von der Ofenwandung.

Außerhalb des Ofens wurden die schon bekannten Tondeckel mit Handgriff und ein Feuerbock gefunden. Die aufwendige Gestaltung des Ofens und seine Installation innerhalb eines Hauses machen deutlich, daß neben den offenen Feuerstellen solche weitentwickelten Wärmequellen wohl auch unter dem Aspekt verschiedener Nutzungsmöglichkeiten in den Wohnbereich eines Hauses gehören konnten.

Der schon genannte in Flögeln aufgefundene Keramikkomplex innerhalb eines Hauses, der neben den Ofenscherben zur Hauswirtschaft bestimmte Geräte umfaßte, deutet an, daß der Ofentyp zum Haus gehört haben könnte und möglicherweise neben seiner Funktion als Wärme-

Maße von den Öfen und Ofenfragmenten in cm

| Fundorte | Durchmesser am Unterbaustandrand | Durchmesser am unteren Kuppelrand | Wandstärke Unterbau | Wandstärke Kuppel | Höhe des Unterbaues bis Lochplatte | Abstand der Tragleisten an der Lochplatte | Stärke der Lochplatte | Abzugsloch nachgewiesen |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------------------|---|-----------------------|-------------------------|
| Bentumersiel | | | 1 | | | | | |
| Boomborg-Hatzum (244Bb) | | | 2,5 | | | 6-7 | 3 | |
| Boomborg-Hatzum | 98x87 | 75x67 | 2,7 | 2,4 (oben stärker) | 14 | 6-8 | | x |
| Fedderns Wierde | | | 3,2 | | 12 | | | |
| Flögeln | 77 | 65-70 | 3,5 | 2,5-2,8 | | 4,5-5,5 | | |
| Midlum | 70-80 | 70 (oben Einengung bis 27) | 2,7 | 2,6 | 15 | 5 | 3,2 | |
| Pogum | | (innen 52-53) nach Rost-Dm. | | | | 8 | 5 | |
| Sillens | 67 | 67 | 3,3 | 2,4 (oben 2) | 16 | 8 | | x |

spender ebenfalls als Backofen diene. Das auch von W. H. Zimmermann genannte Modell eines Ofens aus Nijmegen aus dem ersten Jahrhundert, das mehrfach als Keramikbrennofen interpretiert wurde, zeigt den vereinfachten, hier beschriebenen Typus, der ebenfalls ohne Beschickungsöffnung und einteilig konzipiert war (Abb. 8). Unten enthält das nur wenige Zentimeter große Modell eine Feuerungsöffnung, darüber liegt der Rost, und oben hat die Kuppel einen kleinen Abzug, der ja auch zum Ofentyp gehört und an den Öfen von Weddinghusen, Boomborg-Hatzum und Sillens nachzuweisen ist.

Abschließend ist zu bemerken, daß die zweifelsfreie Deutung des Ofentypus nicht erreicht wurde. Auch V. Arnold bekennt ja nach seinen interessanten Brennversuchen und einer Fülle Überlegungen zur Funktion und Anwendung des Ofens, von einer stichhaltigen Deutung weiter entfernt zu sein als je.

Dennoch zeigt die systematische Untersuchung und der Vergleich der Funde eine Fülle übereinstimmender technischer Details auf, die den Ofentyp mit seinen Varianten schon an Bruchstücken erkennbar machen und daß sich gewisse Funktionen ausschließen lassen. Interessant ist dabei die zeitliche Dichte der Funde und auch die der zum Vergleich herangezogenen Öfen und Beifunde, die alle der relativ kurzen Periode um Christi Geburt bis zum Anfang des 2. Jhs. angehören.

Literatur:

- ARNOLD, Volker, (1990): Der eisenzeitliche Lochplattenofen von Weddinghusen/Dithmarschen: Umfeld, Beschreibung, Nachbauten, Versuche, Deutung. In: Experimentelle Archäologie in Deutschland, Oldenburg, S. 345-354.
- BRANDT, Klaus, (1977): Die Ergebnisse der Grabungen in der Marschsiedlung Bentumersiel/Unterems in den Jahren 1971-1973. In:

Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, Bd. 12, Hildesheim, S. 1-32.

- FLAMMAN, J., (1992/93): De reconstructie van een IJzertijd-oven uit Midden - Delfland 15.04. Experimenten in bouw en gebruik. Doctoraalscriptie, Univ. Leiden.
- HAARNAGEL, Werner, (1979): Die Grabung Feddersen Wierde, Wiesbaden, S. 284f. und Tafel 73.
- HENNICKE, H. W. u. ROSSMANITH, M., (1982): Keramikographische Untersuchungen an Scherben aus Hatzum/Boomborg. In: Löbert, H.: Die Keramik der Vorrömischen Eisenzeit und der Römischen Kaiserzeit von Hatzum/Boomborg (Kr. Leer), Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, Bd. 14, Hildesheim, S. 97.
- HOLWERDA, J. H., (1944): Het in de Pottenbakkerij van de Holdeurn Gefabriceerde Aardewerk uit de Nijmeegsche Grafvelden, in: Oudheidkundige Mededeelingen, Leiden, S. 50, Plaat XII.
- LERCHE, Grith, (1968): Kaempe-Karret, Skalk 2, Arhus, S. 8-11.
- NIELSEN, Jens, (1971): Det Utrøhige fra Thy, Skalk 6, Arhus S. 7-10.
- ZIMMERMANN, W. Haio, (1992): Die Siedlungen des 1. bis 6. Jahrhunderts nach Christus von Flögel-Eekhölzchen, Niedersachsen: Die Bauformen und ihre Funktionen. Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, Bd. 19, Hildesheim, S. 311-314.

Nachweise:

Die Herstellung der Zeichnungen verdanke ich Herrn W.D. Wißelink, die Fotos Herrn R. Kiepe und die Übersetzungen aus dem Dänischen Herrn R. Nagel. Die Aufnahme vom Ofenmodell aus Nijmegen wurde freundlicherweise vom Rijksmuseum Nijmegen zur Verfügung gestellt. Für verschiedene Literaturhinweise danke ich Herrn Dr. P. Glüsing, Münster, und Herrn Dr. W.H. Zimmermann, Wilhelmshaven.

Anschrift des Verfassers:

Hermann Haiduck
Institut für Historische Küstenforschung
Viktoriastr. 26/28
26382 Wilhelmshaven

Keramikexperimente - Untersuchungen zur Herstellungstechnik historischer Keramik

Bettina Hoffmann und Hilde Kohtz

Seminar der Arbeitsgruppe Archäometrie im Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Freien Universität Berlin (Leitung: B. Hoffmann)

In einer praktischen Übung zum Thema „Herstellungstechniken historischer Keramik“ werden mit einfachsten töpferischen Verfahren Probenserien hergestellt¹.

Themenschwerpunkte sind dabei:

- Versetzen einer rotbrennenden Drehmasse mit verschiedenen Magerungsarten (Quarz, Schamotte, organische Magerung) in jeweils festgelegten Volumenanteilen, um das Verhalten von unterschiedlich gemagerten Tönen und die Gründe für Magerung festzustellen (z.B. Schwindung).
- Anfertigung sich gleichender Serien aus diesen Tonmassen für die wichtigsten Formverfahren, aufgebaut und schiebgedreht. Um Erfahrungen machen zu können, wie die einzelnen Massen sich verarbeiten lassen, werden außer Probegefäßen genormte Plättchen erstellt (Abmessungen 8cm x 8cm x 1cm).
- Herstellung von Engoben: einfache Engoben aus Tonpulvern und Mischung einfacher Engoben mit Metalloxiden.
- Bearbeitung der Gefäßoberflächen und der plättchenförmigen Proben, engobiert

und nicht engobiert, mit verschiedenen Werkzeugen, um bestimmte Effekte zu erzielen.

Anbringen unterschiedlicher Dekore (Ritzen, Bemalen, Stempeln).

Alle Proben werden in einem Elektro-Ofen in oxidierender Atmosphäre bei 950° C gebrannt (Fragen zur Brenn-atmosphäre und Brenntemperatur können in diesem Rahmen nicht behandelt werden).

Wichtigstes Ziel dieser Übung ist, die verschiedenen Arbeitsschritte bei der Herstellung von Keramik und deren jeweiligen Probleme kennenzulernen (z.B. Fragen der Bearbeitungszeiten). Es ist nicht beabsichtigt, bestimmte Keramikgattungen zu rekonstruieren, sondern das Verständnis für Beurteilung, Beschreibung und Charakterisierung von historischer Keramik zu erweitern. Die dafür notwendige Orientierung an ausgewählter antiker Keramik soll die verschiedenen Bereiche, Möglichkeiten und Erscheinungsformen illustrieren.

Im Rahmen dieses umfangreichen Programms können keine in sich geschlossenen Versuchsreihen entstehen, und die Reproduzierbarkeit der einzelnen Experimente bleibt bei der großen Anzahl von zu berücksichtigenden Parametern lückenhaft. Die systematische Verfolgung von einzelnen Fragestellungen bleibt daher kleinen, kontinuierlich arbeitenden Gruppen vorbehalten, die sich nicht nur mit der Herstellung von größeren Serien, sondern auch mit deren Auswertung beschäftigen können.

Anlässlich der Jahrestagung des Arbeitskreises Archäometrie in der Fachgruppe Analytische Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker im März 1991 wurde mit einigen Studenten eine Ausstellung vorbereitet. Die Themenstellung des Seminars „Herstellungstechnik historischer Keramik“ wurde um einige Probenserien, insbesondere Brennserien, erweitert. Die wichtigsten Ergebnisse werden hier beschrieben.

Verhalten von Massen mit verschiedenen Magerungen

Das Magern von Tonen dient mehreren Zielen: Verminderung der Schwindung von Tonen, Erhöhung der Bruch-, Reiß- und Standfestigkeit. Die verschiedenen Tonmassen dienen meist ganz bestimmten Zweckformen (z.B. Ziegel, Vorratsgefäße, Tafelgeschirr) und sind nicht beliebig verwendbar. Man kann davon ausgehen, daß in der Regel absichtlich, d.h., zweck- und formgebunden gemagert wurde, die Magerung also bewußt zugesetzt bzw. - bei natürlichem Vorhandensein - weggenommen wurde.

Um das Verhalten von unterschiedlich gemagerten Massen kennenzulernen, werden einer fertigen, rotbrennenden Drehmasse bestimmte Volumenanteile von Quarz- und Schamottemagerung (10%, 30%, 60%) und organischer Magerung (1%, 3%, 6% Häcksel bzw. Sägespäne) zugesetzt.

Die Proben werden aus folgenden Massen hergestellt:

- Drehmasse, rotbrennend (Fertigprodukt), Ausgangsmasse für die meisten Serien.
- Drehmasse, weißbrennend (Fertigprodukt).
- Drehmasse, braun-schwarz brennend (Fertigprodukt).

Zur Feststellung der Schwindung (Trocken-, Brenn- und Gesamtschwindung) der einzelnen Massen dient eine gesonderte Probenreihe, die Schwindungstreifen. Nach dem Brand werden diese Streifen zerbrochen, um eine möglichst genaue Beschreibung von Gefüge (Porosität und Dichte) sowie von Härte und Farbe vornehmen zu können.

Ergebnisse²

Trockenschwindung: Mit Zunahme der Zuschläge nimmt die Trockenschwindung kontinuierlich, z.T. aber kaum meßbar, ab.

Je nach Magerung werden innerhalb der Serie Unterschiede bis zu 3,5% gemessen.

Beobachtungen nach dem Brand (950° C)

Gesamtschwindung: Durch Verlust des Kristallwassers schwinden die Proben um weitere 1-2%. Die Gesamtschwindung schwankt je nach Ton und Zuschlägen zwischen 3,5% und 8,5%.

Farbe: Rotbrennende Ausgangsmasse ohne Zusatz bzw. mit organischen oder nicht-organischen Zuschlägen bleibt im Farbbereich „rötlich-gelb“ (Munsell 5YR von 6/6 über 6/8 bis 7/6); weißer Ton bleibt „weiß“ (Munsell 10YR 8/2), braunschwarzer Ton brennt „rotbraun“ (Munsell 5YR 4/3).

Textur: Tone ohne Zusätze sind feinporig, dicht und glatt. Tone mit Zusätzen von Quarz oder Schamotte sind feinporig und - mit Ausnahme von 30% und 60% Quarz-zuschlägen - dicht, ab 30% Zuschlägen zunehmend körnig. Tone mit organischen Zusätzen sind mit 1% Zuschlägen feinporig, glatt und dicht, darüber grobporig, ab 6% porös und splittrig. Härte: Alle Proben sind stabil und „hart“ (Stufe 4 nach Mohs).

Verformung: Die Ausgangsmasse mit organischen Zusätzen verformt sich größtenteils deutlich. Alle anderen Tone bleiben, unabhängig von ihrer Magerung, relativ formstabil.

Körnung: Für Proben mit organischen Zusätzen kann die Korngröße der Ausgangsmasse „mittel“ (bis 0,6 mm) festgestellt werden, wie auch bei Zugaben von Quarzsand; Korngrößen bei Schamottemagerung liegen bei „grob 2“ (1,5 mm-2,0 mm). Bei weißem Ton ist die Körnung nicht feststellbar und bei braunem Ton „mittel“.

Zuschlagsmenge: Proben mit nicht-organischen Zuschlägen sind durchgehend „stark bis „sehr stark“ (10-20 Körner bzw. mehr als 20 Körner auf 0,5cm²) gemagert,

die anderen sind „mittel“ (5-10 Körner auf 0,5cm²) gemagert, mit Ausnahme vom weißen und braunen Ton.

Drehtöpfe und handgeformte Töpfe

Um die Möglichkeiten der Verformbarkeit von unterschiedlich gemagerten Massen kennenzulernen, werden Drehtöpfe und Töpfe in Aufbautechnik hergestellt. Bis auf die Massen mit den höchsten Magerungsanteilen lassen sich alle Tone in beiden Techniken gut verarbeiten.

Bei antiken Gefäßen läßt sich oft nicht eindeutig feststellen, ob diese aufgebaut oder scheibengedreht sind: typische Herstellungsspuren wie Drehriefen, Wülste etc. sind an deren Oberflächen oftmals durch Abarbeiten, zusätzliches Glätten oder Engobieren verschwunden; hinzu kommt die Möglichkeit der Zerstörung der Oberfläche durch Bodenlagerung. Auch am Bruch alter Scherben ist die scheinbar einfache Unterscheidung dieser Herstellungstechniken nur selten möglich. Es scheint daher vielversprechend, anhand der Brüche und Schnitte rezenter Proben signifikante Merkmale zu finden, um diese mit den Originalen vergleichen zu können. Bei gedrehter Keramik erwartet man für Magerung und Poren eine einheitliche Ausrichtung, die beim Hochziehen des Tons auf der Drehscheibe entstehen sollte. Bei aufgebauter Ware müßte diese fehlen.

Wegen der glatten Oberfläche bot zunächst ein Schnitt senkrecht zur Gefäßwand ein klareres Bild als der entsprechende Bruch:

In den Querschnitten ließen sich die vermuteten strukturellen Unterschiede zwischen aufgebauten und gedrehten Töpfen jedoch nicht erkennen. Die bei Aufbautechniken verwendeten einzelnen „Bauteile“ (wie z.B. Wülste, Streifen) konnten nicht mehr lokalisiert werden. Dies ist umso bemerkenswerter, da alle Aufbautöpfe von verschiedenen und ungeübten Händen hergestellt wurden und die

Techniken dementsprechend stark variierten.

Auch unter dem Mikroskop ergaben sich keine eindeutigen Tendenzen, ebenso wenig wie bisher mit Hilfe von Xeroradiographie und UV-Fluoreszenzaufnahmen.

Bei gedrehten Gefäßen mit faserig strukturierten Magerungen (z.B. Häcksel) war allerdings eine parallele Ausrichtung der Poren zur Gefäßwandung und im Fußbereich zu sehen.

Im Bruch dagegen ließen sich besonders bei quarzgemagerten Drehtöpfen feinste „Risse“ parallel zur Wandung feststellen. Bei den anders gemagerten Drehtöpfen traten solche Risse allerdings weniger regelmäßig auf.

Die im Schnitt nicht lokalisierbaren „Bauteile“ der Aufbautöpfe waren im Bruch dagegen bisweilen wiederzuerkennen. Bei der Betrachtung verschiedener Ausschnitte einer Probe konnten aber sehr unterschiedliche Strukturen beobachtet werden. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, ist deshalb die Betrachtung des gesamten Bruches empfehlenswert.

Im Rasterelektronenmikroskop³ erkannte man eine Orientierung der Tonminerale, die bei der gedrehten Probe „gerichtet“ wirkten. Bedingt durch die Winzigkeit des Ausschnitts waren auch hier mehrere Aufnahmen von einem Gefäß als Kontrolle wichtig und im Zweifel weitere Methoden anzuwenden.

Möglichkeiten der Oberflächenbehandlung

Mit dem Glätten von Keramik ist nicht das Verglätten während des Drehens oder des Aufbaus von Gefäßen, sondern eine zusätzliche Behandlung der Oberflächen gemeint. Durch Glättung wird eine Verdichtung der Oberflächen erzeugt und damit eine Intensivierung der Brennfarbe sowie ein mehr oder weniger starker Glanz. Das gilt für Oberflächen mit und ohne Engobe.

Bei alter Keramik ist das Erscheinungsbild sehr vielfältig, man kann nicht immer eindeutig entscheiden, ob Glanz durch einfaches Glätten entstanden ist, ob es sich um einen Engobenauftrag mit anschließender Glättung oder um Glanzton handelt (feinste Tonsuspension mit früherem Sinterungszeitpunkt als der Scherben und dadurch „natürlicher“ Glanzbildung.).

Behandlung von Oberflächen ohne Engoben

Mit zunehmender Magerung wird das Glätten schwieriger, und in Abhängigkeit vom Trocknungszustand entstehen auch gröbere Bearbeitungsspuren:

Unter dem Mikroskop zeigte sich, daß sich ungeglättete und geglättete Oberflächen auch im Schnitt voneinander unterscheiden lassen. Dies fiel umso leichter, je gröber und zahlreicher die dem jeweiligen Ton zugesetzte Magerung war. Magerungsbestandteile wurden beim Glätten nach innen gedrückt, so daß sie zuweilen bündig mit der Oberfläche abschließen. Aus den ungeglätteten Oberflächen dagegen ragten die Magerungspartikel oft heraus (Abb. 1).

Behandlung von engobierten Oberflächen

Die Engobe haftet auf allen Trägern gleich gut und verdeckt die Unebenheiten, die durch die Magerung entstanden sind. Der Glätterfolg hängt von der Magerung ab, wie auch bei Oberflächen ohne Engobe. Werkzeuge und Trockenzeit sind entscheidend für Glanz und Dichte der Oberfläche.

Gestaltungsmöglichkeiten mit Engoben (Abb. 2)

- Verschiedene Brennfärbungen von Engoben und Tonen
- Glättmuster auf Engoben
- Ritzmuster in Engoben
- Malen mit Engoben

Engoben ohne Zusätze

Mit einer weißen Engobe (Tonpulver, Westerwald), einer roten Engobe (Mischung von 50% weißem Tonpulver mit 50% rotem

Bolus-Pulver, einem fetten, feinstkörnigen Ton mit hohem Eisenoxidgehalt) und einer Engobe mit Ton aus Rheinzabern (nicht bis zu Glanzton geschlämmt) wurden Brennserien hergestellt:

Alle drei Engoben werden auf Plättchen aus der Ausgangsmasse aufgebracht und jeweils zur Hälfte stark geglättet.

Die Porosität der Engoben nimmt mit zunehmender Glättung ab, der Glanz wird intensiver. Bei der sehr porösen weißen Engobe wird die Verdichtung durch das Glätten besonders deutlich. Noch deutlicher war die Verdichtung durch Glättung bei der Serie mit Braunsteinengoben.

Brennserie mit Braunsteinengoben

Braunstein ist die zusammenfassende Bezeichnung für Manganerze (hauptsächlich aus MnO_2 bestehend) und dient in der Töpferei vielfach zur Herstellung von Engoben und Glasuren. Eine Engobe mit Ton aus Rheinzabern wurde mit fünf verschiedenen Anteilen von Braunstein versetzt, um Farbabstufungen durch geringe Änderung von Mengenverhältnissen zu erkennen (3%, 6%, 9%, 12%, 15% Braunstein auf je 100g Ton aus Rheinzabern). Die Probenplättchen wurden je zur Hälfte geglättet (Abb. 3 u. 4). Da die Reaktion auf Unterschiede in der Brenntemperatur bei dieser Serie besonders empfindlich zu sein schien, wurde eine größere Brennserie von 800°-1150° hergestellt (in 50° C-Intervallen, zwischen 1050° und 1100° in 25° C-Intervallen).

Beobachtungen:

- Es fand eine gleichmäßige Farbzunahme von niedrigem zu hohem Braunsteinanteil statt.
- Mit zunehmender Brenntemperatur nahm die Farbintensität der Engoben zu. Innerhalb einer Serie ergaben sich drei augenfällige Farbabstufungen, bei 900°, bei 1050° und bei 1100° C.
- Die einzelnen Engoben reagierten bei



Abb. 1: Geglättete Oberfläche auf unterschiedlicher Magerung.

Abb. 2: Ritz- und Glättmuster auf Engoben

Abb. 3: Serie mit Braunsteinengoben, 1000° C - 1150° C. Geglättete Flächen jeweils auf der rechten Probenplättchenseite

Abb. 4: Detailaufnahme von geglätteter und ungeglätteter Oberfläche (Vergr. 16x).

Fotos: U. Eckertz-Popp

gleicher Brenntemperatur unterschiedlich: bei höheren Braunsteinanteilen fand eine frühere Versinterung (bereits ab 1050° C) statt.

- Ab 1050° C kam es zu Überschneidungen hinsichtlich der Farbabstufungen: Engoben mit geringerem Braunsteinanteil, gebrannt bei höheren Temperaturen, wiesen dann eine große Ähnlichkeit mit Engoben auf, die einen höheren Braunsteinanteil hatten, jedoch bei niedrigeren Temperaturen gebrannt waren.

Ähnliche Überschneidungen konnten im Bereich der Versinterung beobachtet werden. Bei den Reihen unterschiedlicher Braunsteinanteile aber gleicher Brenntemperatur (1075° C) neigten die Engoben mit den höchsten Konzentrationen (12% und 15%) zu einer Verglasung. Durch die einsetzende Verglasung entfiel mehr oder weniger der Unterschied zwischen geglätteter und uneglätteter Flächen. Die übrigen Mischungen (3-9%) zeigten dagegen noch deutlich diese Unterschiede. Schon 25° C höher gebrannt, bei 1100° C, setzte die Verglasung auch bei Engoben mit niedrigeren Braunsteinanteilen ein.

Bei Engoben mit den höchsten Braunsteinanteilen (12% und 15%) konnte man bei einer Brenntemperatur der Proben von 1150° bereits von einem Fehlbrand sprechen, die Oberflächen waren mit Bläschen durchsetzt.

Unterschiedliche Haltezeiten bei 1000° C
Eine Testserie für alle Mischungen, gebrannt bei 1000° C und einer Haltezeit von jeweils 15, 30 und 60 Minuten ergab eine sichtbare Farbabstufung zwischen kurzer und langer Haltezeit.

Engoben mit Metalloxiden

Plättchen aus der Ausgangsmasse werden für diese Versuchsserie mit Eisenoxid-, Chromoxid-, Kobaltoxid- und Kupferoxid-Engoben überzogen. Um Farbabstufungen zu erzeugen (vgl. Serie mit Braunstein) entstehen von jedem Metalloxid-Pulver drei

Konzentrationsstufen (1%, 3% und 6% auf 100g weißes Tonpulver). Die Hälfte des Engobenpulvers, in nassem Zustand gemörsert, ermöglicht die Untersuchung von unterschiedlicher Porosität und Dichte durch mechanische Verfeinerung von Engoben. Auf jedes Plättchen werden diese beiden Varianten der Engobe aufgetragen und zusätzlich je eine Hälfte geglättet.

Ergebnisse:

Die gemörserten Engoben wiesen im Vergleich mit den ungemörserten Engoben nach dem Brand eine höhere Farbtintensität auf. Für ungemörserte Engoben war eine stärkere Körnung der Pigmente charakteristisch. Die jeweils geglätteten Flächen waren in den meisten Fällen an ihrer glatten, teils matt glänzenden Oberfläche erkennbar.

Ritztechnik und andere eintiefende Dekorarten

Für Stempel- und Abrolltechnik werden ungemagerte Tonplättchen in verschiedenen Trocknungsphasen bearbeitet. Wichtigstes Ziel ist die Feststellung, bei welchem Trocknungsgrad des Tons sich eintiefende Dekorarten am besten durchführen lassen.

Die Ornamente werden mit Werkzeugen aus Metall, Holz und Horn geritzt und mit Stempeln aus Gips und gebranntem Ton eingetieft.

Ergebnisse:

Die besten Ergebnisse wurden in lederhartem Zustand der Gefäßoberfläche erzielt. In noch weichem Zustand ergaben sich ausgefranste Ränder mit „Graten“, der Gefäßkörper neigte zur Deformierung; beim Abrollen oder Einstempeln entstanden Ausbuchtungen.

In festem oder hartem Zustand der Gefäße konnten noch Ritzungen vorgenommen werden; je nach Festigkeit des Tons wirkte das Erscheinungsbild aber „unsauber“. Bei Stempeln und Rollsiegeln war das Bild nur noch schwach erkennbar.

Die schwierigeren Techniken des Einstempeln und Abrollens erforderten eine sehr genaue Beobachtung des Trocknungsgrades der Gegenstände. In lederhartem Zustand war ohne Verformung des Untergrundes eine gute Bildarstellung möglich.

Feinste Körnung in geringem Volumenanteil ergab eine optimale Grundlage für Ritztechnik und andere eintiefende Dekorarten.

Bei groben Zusätzen von Schamotte (bis 2 mm) konnte eine Ritzung mit noch akzeptablen Ergebnissen durchgeführt werden, allerdings nur dann, wenn vorher eine intensive Glättung erfolgte.

Zusätze von Häcksel und Sägespänen waren als Grundlage für eintiefende Techniken absolut unbrauchbar; durch das Ausbrennen entstand eine „löchrige“ Oberfläche, die das Muster zerstörte.

Die Führung des Werkzeugs war bei der Gestaltung von Ritzmustern wichtig, besonders bei geometrischen Linienmustern: Eine spitz angesetzte Nadel führte zu unsaubereren Rändern (Graten), Rundungen pflegten auszureißen. Wurde die Nadel parallel zum Gefäßkörper gezogen, erhielt man durch Zug und Druck glatte Linien.

Teilnehmer am Seminar „Herstellungstechnik Historischer Keramik“ und Mitautoren dieser Auswertung waren die Studenten K. Bremer, J. Giese, R. Jung, Th. Kuhn, P. Lehmann, R. Maraszek, St. Puisse, Chr. Vogt, G. Werner.

Anmerkungen:

- 1) In ihrer ursprünglichen Form wurde diese Übung zusammen mit dem Keramiker Heinz Juranek aufgebaut. Neuen Anforderungen entsprechend entstehen ständig Veränderungen.
- 2) Die Beschreibungen der aufgeführten Arbeiten folgen dem Formblatt zur Keramikdokumentation in: J. Kunow, J. Giesler, M. Gechter, W. Gaitzsch, A.B. Follmann-Schulz, D.v. Brandt, Vorschläge zur systematischen Beschreibung von Keramik. Führer des Rheinischen Landesmuseums, Nr.124, Bonn 1986, S.68. Weitere ähnliche Beschreibungsgrundlagen werden vergleichend mit herangezogen: W. Erdmann, H.J. Kühn, H.Lütke, E. Ring,

W. Wesel, Rahmenterminologie zur mittelalterlichen Keramik in Norddeutschland. Archäologisches Korrespondenzblatt 14, 1984, 417 - 436.

I. Bauer, W. Endres, B. Kerkhoff-Hader, R. Koch, H.-G. Stephan, Leitfaden zur Keramikbeschreibung (Mittelalter - Neuzeit). Kataloge der Prähistorischen Staatssammlung München, Beiheft 2, 1986. Von naturwissenschaftlicher Seite wurden diese Aspekte zusammengefaßt: Naturwissenschaftliche Kriterien und Verfahren zur Beschreibung von Keramik, Diskussionsergebnisse der Projektgruppe Keramik im Arbeitskreis Archäometrie in der Fachgruppe Analytische Chemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Red.: G. Schneider), Acta Praehistorica et Archaeologica 21, 1989, 7 - 39.

Zur Farbestimmung wurde die Munsell Soil Colour Chart benutzt.

- 3) Wir danken H. Ghobarkar für seine Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop.

Anschrift der Verfasserinnen:

Dr. Bettina Hoffmann
Hilde Kohtz
Freie Universität Berlin
Fabekstr. 34
Berlin

Überlegungen zum Einsatz von Hand- oder Fuß-(Block-)Drehscheiben und Werkzeuggebrauch beim Formen früher Kugeltöpfe

Gunter und Gudrun Böttcher

Das Werkzeug der Häfnerin auf der vielfach abgebildeten Spielkarte des sog. Hofämterspiels (Südwestdeutschland oder Österreich um 1450, Kunsthistorisches Museum Wien) wird stets als Schablone zum Eindrehen der Gefäßfurchen verstanden. Diese Interpretation hält experimenteller Nachprüfung stand.

Frühdeutsche Kugeltöpfe des 13./14. Jh. im Raum Berlin und Umgebung weisen neben den äußeren Spiral- oder Gurtfurchen im Hals- und Schulterbereich teilweise auch im Halsinneren, vereinzelt sogar im Innern der Randlippe, Furchungen auf, die so stark eingetieft und scharf konturiert sind, daß sie nicht mit den Fingern, sondern ebenfalls mit einem Werkzeug erzeugt sein müssen.

Die Annahme eines Innendekors in einem sich nach oben hin konisch verjüngenden Gefäßhals erscheint nicht wahrscheinlich, noch weniger aber, da ein erheblicher Teil der zeitgleichen und sonst gleichgestaltigen Gefäße im Innern keine Furchung trägt, zwei prinzipiell verschiedene Dekorations- oder Herstellungsweisen. Nach herrschender Auffassung waren seinerzeit Hand- und auch Fußtöpferscheiben im Gebrauch. Funde solcher Scheiben sind bisher noch nicht aufgetaucht, was auf

Konstruktionen ausschließlich aus Holz oder anderem vergänglichem Material hindeutet.

Freies Drehen ist auf einer Handtöpferscheibe wegen der geringen Schwungmasse und des hohen Reibungswiderstandes der einfachen Achslagerung in der Regel nicht möglich, so daß während der Arbeit ständig eine Hand zum Drehen der Scheibe benötigt wird und nur eine Hand zum eigentlichen Formen des Gefäßes verfügbar ist. Unsere Versuche auf einer solchen Scheibe haben gezeigt, daß die Gefäßwandung sehr viel schneller und gleichmäßiger geformt werden kann, wenn dieses nicht allein mit den Fingern, sondern mit Hilfe einer Drehschiene geschieht.

Wir wissen nicht, wie die Drehschienen des 13. und 14. Jh. ausgesehen haben. Daß sie jedoch vorhanden waren, belegen die Arbeitsspuren und auch die - trotz der oft praktizierten nachlässigen Arbeitsweise - häufig recht gleichmäßigen Gefäßhalswandstärken. Weiter haben unsere Versuche mit der Handdrehscheibe ergeben, daß es sehr lästig und zeitraubend, also unwirtschaftlich ist, würde man beim nur im Wechsel möglichen Arbeiten innen und außen am Gefäß für jede Wandseite ein anderes Werkzeug benutzen. Praxisfreundlich ist vielmehr ein Werkzeug, mit dem sich alle während des gesamten Drehvorganges erforderlichen Arbeiten ausführen lassen. Bei Versuchen mit einem der Spielkartenabbildung nachgeformten Werkzeug mit den Furchenprofilen der gefundenen Töpfe nachgestalteten Spitzen stellte sich heraus, daß an der äußeren Gefäßwand nicht nur diese Furchen gezogen werden konnten, sondern sich zugleich Unebenheiten und Ungleichheiten in der Wandstärke sehr viel leichter und schneller ausgleichen ließen, als mit anders geformten Werkzeugen oder gar mit den Fingern allein. Es ließen sich so auch tiefer sitzende und daher oft unentdeckt bleibende Luftblasen öffnen und beseitigen. Infolgedessen drängt sich auf, diese Effekte auch an der Gefäßinnenseite anzustreben. Hierzu war das Spielkartenwerkzeug nicht geeignet, da seine Spitzen beim Arbeiten innerhalb des Hohlkörpers nach unten und

nicht gegen die Seitenwand gerichtet sind. Es stellte sich daher die Frage, ob nicht vielleicht die Rückseite dieses Werkzeugs anders gestaltet sein konnte, als dessen Schauseite. Alle uns aussichtsreich erscheinenden Arbeitskanten wurden mit dem Spielkartenwerkzeug kombiniert und mit den so entstandenen zahlreichen Werkzeugen experimentiert. Schließlich haben wir das nachfolgend beschriebene Werkzeug ausgewählt, weil es einzig und allein unseren Anforderungen gerecht wurde.

Das Werkzeug

Ausgehend von einem 15 bis 20 cm langen Holz mit überall annähernd gleichgroßem quadratischen Querschnitt, dessen Kantenlänge dem drei- oder vierfachen Abstand der Furchen des zu reproduzierenden Gefäßes voneinander entspricht, wird dessen Ende von einer stehenbleibenden Kante aus zur gegenüberliegenden hin so abgerundet, daß die neu entstehende Oberfläche etwa der eines Viertelzylinders entspricht. In die dabei stehengelassene Kante werden je nach gewählter Kantenlänge drei bzw. vier Einkerbungen so angebracht, daß sie zusammen einem zusammenhängenden negativen Querschnittsprofil von drei bzw. vier der zu reproduzierenden Furchen nebst deren Zwischenstegen entsprechen. Hat das nachzubildende Gefäß am Innenhals keine deutlich profilierten und gegeneinander abgesetzten Furchen, sondern ist dort glattflächig, ist das Werkzeug fertig. Ist dagegen auch der innere Gefäßhals deutlich gefurcht, erhält das Werkzeug an derjenigen Viertelkreiskante, die bei Draufsicht auf die Viertelzylinderfläche des Werkzeugs bei untenliegender gekerbter Kante die linke Seitenkante bildet, gleichfalls ein der Furchung entsprechendes Profil, wobei die Abstände zwischen den Scheitelpunkten der Werkzeugzungen sich jeweils mit demjenigen zwischen zwei Furchentiefstpunkten decken.

Dieses Werkzeug verträgt nur insoweit Ab-



Abb. 1: Innenfurchen auf Kugeltopf-Halsscherben.



Abb. 2: Innenfurchen auf Kugeltopf-Halsscherben.



Abb. 3: Furchen auf Randlippeninnenseite.

wandlungen, als dabei die Arbeitskanten und die daran anschließenden der Scheibendrehrichtung entgegenstehenden Flächen mindestens fingerbreit beibehalten werden. Will man ausschließlich relativ weite Gefäße formen und nimmt dabei einen konkaven Innenboden in Kauf, kann das Werkzeug auch die Form eines nicht ausgehöhlten Löffels haben, wobei die Kerben für die Gefäßaußenseite in die Kante der Löffelspitze geschnitten werden und diejenigen für die Innenwand ggf. links daran anschließen.

Die Arbeitsweise

Auf dem Drehteller der Scheibe oder auf einem darauf mit Tonklümpchen festgeklebten Brett wird aus einer für das fertige Gefäß ausreichenden Massemenge ein oben offener zylindrischer oder kegelmörmiger Hohlkörper mit gut 2 cm Wandstärke grob geformt. Das kann in Wulsttechnik geschehen, was aber ungleich zeitraubender ist, als folgende Methode: man drückt mit den Händen einen massiven Massezylinder oder -kegelstumpf im Scheibenzentrum zurecht, bohrt einen Daumen senkrecht von oben in die Masse, legt die Finger der zweiten Hand um die Außenfläche und darüber zur weiteren Stützung die Finger der ersten Hand. Jetzt wird die Seitenwand durch gleichmäßiges Drücken von innen mit dem Daumen und von außen mit den Fingern beider Hände in Kreisen und von unten nach oben flüchtig gebildet, wobei sich die Druckstellen gegeneinander verschoben überlappen. Dieser Vorgang nimmt höchstens zwei bis drei Minuten in Anspruch. Für die tatsächliche Verwendung nicht gedrehter, sondern handgeformter Ausgangshohlkörper (Mischtechnik) sprechen u.a. die nicht seltenen durch starken Druck hervorgerufenen teilweise recht großflächigen parallel zu den Außenflächen auftretenden Masseschichtenteilungen auch in den Halsbereichen der Fundstücke. Nun wird zunächst mit der geraden gezähnten Werkzeugkante -die ebene Werk-

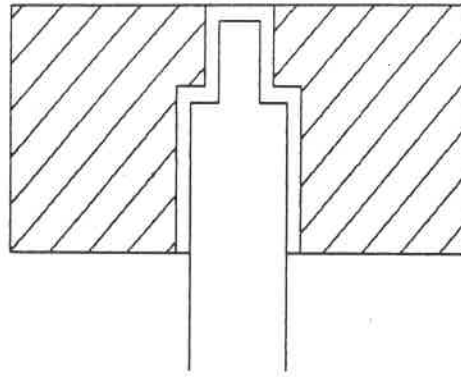


Abb. 4: Beginn des Drehens am handvorgeformten Hohlkörper.

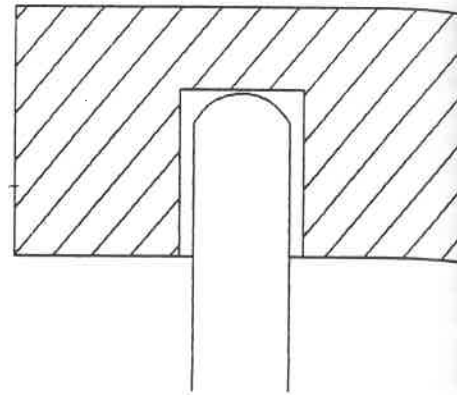


Abb. 5: Zwischenstadium beim Drehen eines Kugeltopfberteils, hier mit Innenfurchen.

zeugfläche zeigt dabei gegen die Drehrichtung - die Außenwand spiralg Drehung von unten nach oben überglättet. Anschließend verfährt man entsprechend auf der Gefäßinnenseite, wobei mit der gebogenen Kante gearbeitet und das Werkzeug so gehalten wird, daß diejenige gebogene Kante Arbeitskante ist, die -s.o.- eventuell gekerbt ist, und wobei das Werkzeug senkrecht oder leicht schräg nach vorn gegen die Drehrichtung gehalten wird. Zwischen Wandfläche und der dieser zugewandten Werkzeugseite soll dabei ein spitzer Winkel entstehen. Dieser Vorgang wird nun wechselseitig solange wiederholt, bis die Wandungsdicke ausreichend egalisiert und nur noch so stark ist, wie zur endgültigen Formgebung unerlässlich. Die letzte Formgebung erfolgt dann ebenfalls mit dem Werkzeug, mit dem auch Einziehungen und Randlippen geformt werden können.

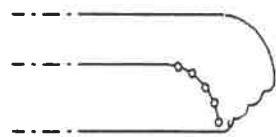


a) sehr starker Reibungswiderstand



b) geringerer, aber immer noch großer Reibungswiderstand

Abb. 6: Mögliche einfache Achslager der aufgehängten Scheibe.



a) gekerbte gerade Kante für Gefäßaußenwand;
gekerbte gebogene Kante für gefurchte Gefäßinnenwand
bei Drehrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn;
glatte gebogene Kante für glatte Gefäßwand
bei Drehrichtung im Uhrzeigersinn;



b) beim Formen der Außenwand wird diese Seite
der Drehrichtung entgegengehalten.

Abb. 7: Arbeitskanten des Werkzeugs.

Mit diesem Werkzeug lassen sich bei geeigneter Führung auch vollständige Standbodengefäße bis zu mittlerer Größe herstellen, ebenso beliebige Furchungen und Drehschnecken am Bodeninneren. Glatte Wände werden mit den ungekerbten Werkzeugkanten gedreht. Bei den Kugeltöpfen wird nur der Hals- und Randbereich auf diese Weise gebildet und nach einer Zwischentrocknung der Kugelkörper aus der am Boden und unten seitlich belassenen Masse freihändig herausgedrückt. Unerlässlich ist es jedoch, mit dem Drehen bereits bei der o.a. Wandstärke zu beginnen, da es sonst nicht gelingt, die Wandung in sich ausreichend zu egalisieren, bevor sie zu dünn wird.

Fazit

Die Gleichmäßigkeit der Wandstärke und der Rundung sowie die Exaktheit und Spurgenaugigkeit der Furchen an den Gefäßhälsen der Kugeltopfmassenware belegen die Verwendung von Drehscheiben. Der intensive Werkzeuggebrauch dabei und die Tatsache, daß der gesamte Bauch der Kugeltöpfe - nicht nur dessen unterster Teil - freihändig geformt worden ist, lassen für das 13. und 14. Jh. auf nur einfache und langsam laufende Scheiben rückschließen, deren geringe Schwungmasse aber ein fortwährendes Antreiben verlangte. Dieses Arbeiten, schwerpunktmäßig mit einem Werkzeug betrieben, weist gegenüber der modernen Technik bzw. dem Einsatz mit bloßen Händen einige Vorteile auf: das Werkzeug wirkt sehr viel intensiver und präziser auf die Masse ein, als Finger das vermögen. Gewährleistet ist deshalb auch bei schlecht laufenden Scheiben die schnelle Herstellung eines exakt geformten Hohlkörpers. Trotz sehr zahlreicher Versuche mit Hand- und Fußdrehscheiben ist es uns weder beim werkzeuglosen Drehen, noch beim Arbeiten mit unterschiedlichen auch anders geformten Werkzeugkanten und -flächen gelungen, vergleichbar gute Ergebnisse mit freihändig vorgeformten Hohlkör-

pern zu erreichen. Die bei diesem Formungsbeginn zwangsläufig auftretenden deutlichen Unebenheiten innerhalb der Wandung waren entweder überhaupt nicht, oder nicht in auch nur annähernd so kurzer Zeit auszugleichen, wie mit einem Werkzeug mit den gezeigten Arbeitskanten i.V. mit den anschließenden Flächen. Es sind zwar Varianten im Aussehen des Gesamtwerkzeugs möglich, mit vergleichbarem Erfolg aber nur dann, wenn die arbeitsrelevanten Teile dabei unverändert bleiben; mit anders geformten Arbeitskanten ließen sich zwar die gewünschten Furchenprofile ebenfalls bilden, jedoch wegen der ungleichen Masseverteilung im Wandinneren verliefen entweder die Furchen nicht ausreichend parallel oder der Rundkörperquerschnitt entsprach nicht in gleicher Annäherung der Kreisform.

Wenn trotzdem sehr zahlreiche Gefäßhälse des 13. und 14. Jh. Unregelmäßigkeiten in Profil oder Tiefe der Furchen oder in der Wandstärke zeigen, dürfte das weniger auf mangelhaftes Werkzeug oder unzulängliches Rundlaufen der Scheiben, als auf den Kardinalfehler einer vor Beginn des Drehens bereits freihändig zu dünn gebildeten Wandstärke und/oder auf ein vor Erreichen ausreichend egalisierter Wandstärke beendetes Drehen zurückzuführen sein, beides vielleicht aus Gründen angestrebter Zeiteinsparung.

Die Gefäßfurchen hatten nicht nur dekorative, sondern auch herstellungstechnische Gründe. Wenn ein Großteil der gefundenen Gefäße innen nicht gefurcht ist, so kann das auf dem Gebrauch eines zackenlosen Werkzeugs für das Gefäßinnere beruhen; es kann aber auch auf ein Wiederentfernen ursprünglich vorhanden gewesener Furchen in einem abschließenden Arbeitsgang zurückzuführen sein, da Innenfurchen bei Benutzung und Reinigung der Gefäße störend gewesen sein mögen.

Auch bei Gebrauch von Fußtöpferscheiben ist ein intensives Arbeiten mit dem Werkzeug wahrscheinlich, solange jedenfalls, bis diese Scheiben wirklich schnell liefen und auch das für ein modernes Drehen erforderliche handwerkliche Wissen und Können entwickelt war.

Literatur:

- RIETH, A. (1978): 5000 Jahre Töpferscheibe, Konstanz.
- MECHELK, H.W. (1981): Zur Frühgeschichte der Stadt Dresden und zur Herstellung einer spätmittelalterlichen Keramikproduktion im sächsischen Elbgebiet aufgrund archäologischer Befunde, Berlin.
- MÄMPPEL, U. (1985): Von der Handform zum Industriegieß: 61 -62. Reinbek bei Hamburg.

Anschrift der Verfasser:

Gunter und Gudrun Böttcher
Borkumer Str. 46
D-14199 Berlin

4000 Jahre Kupfer- und Bronzeguß im Experiment

Walter Fasnacht

Einleitung

Anlaß für die Entstehung einer experimentellen Bronzegießerguppe an der Abteilung für Ur- und Frühgeschichte der Universität Zürich war die Ausstellung „Pfahlbauland“ an den Ufern des Zürichsees im Sommer 1990 (FASNACHT 1991a). Die Vorbereitungsarbeiten mit der Studentenschaft dauerten fast ein Jahr und begannen mit der Beschaffung von lokal anstehendem Ton für Tiegel, Düsen und Öfen. Ohne entscheidende Impulse und das persönliche Engagement von Philippe Andrieux, dem Departementsarchäologen von Val de Marne, Frankreich, wäre das Erarbeiten von publikumsreifen Vorführungen gar nicht möglich gewesen, denn das Know-how der Handhabung von glühendheißen Tiegeln und flüssigem Metall läßt sich nicht anlesen.

Die aktuelle Bronzegießerguppe setzt sich aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Schweizerischen Landesmuseums, der Universität und der Denkmalpflege des Kantons Zürich zusammen. Im Dezember 1993 wurde zudem die Arbeitsgemeinschaft für Experimentelle Archäologie der Schweiz mit Sitz am Landesmuseum gegründet, um einen Informationsaustausch über die Gießerguppe hinaus zu gewährleisten.

Die im folgenden dargestellten 4000 Jahre Geschichte des Kupfer- und Bronzegusses

im experimentellen Nachvollzug stützen sich auf archäologische Funde und Befunde vom frühesten Auftreten der Zeugnisse des lokalen Kupfergusses in den nordschweizerischen Seerandsiedlungen um 3700 BC bis zu den römischen Gußtiegeln aus Augusta Raurica. Es ist dies zugegebenermaßen eine helvetozentrische Sicht; die Erarbeitung einer regionalen Metallgeschichte erscheint uns jedoch als der methodisch richtige erste Schritt. Mangels Funden aus der Schweiz mußten jedoch auch Funde aus Süddeutschland, Österreich und Norditalien herangezogen werden.

A. Gedanken zur Methodik von archäologischen Experimenten

In Gesprächen zum Thema Experimente in der Archäologie erstaunt es immer wieder, wie zaghaft viele Fachkolleginnen und Fachkollegen zugeben, sich auch schon einmal, natürlich nur so nebenbei, mit Experimenten beschäftigt zu haben. Bei vielen erschöpft sich dies im Versuch, ein Werkzeug der Pebble Culture oder einen der leicht schlagseitigen Horgener Töpfe nachgebildet zu haben. Eine zweite Gruppe von Kolleginnen und Kollegen - glücklicherweise nimmt ihre Zahl ab - bezeichnet Experimentatoren pauschal als Bastler, Krämerseelen oder bricoleurs und deren Tätigkeit im besten Falle als Steckenpferd. In der Archäologie sind wir es gewohnt, unsere Arbeit des öfteren gegenüber dem Steuerzahler rechtfertigen zu müssen. Die experimentelle Archäologie hat ein zusätzliches Handicap: sie muß sich innerhalb des eigenen Faches durchsetzen.

In der Literatur zur experimentellen Archäologie wird zu Recht beklagt, daß den ausgeführten Experimenten eine mangelhafte Methodik zugrunde liegt. Gleich zu Beginn soll deshalb die Frage gestellt werden, ob nicht bereits der zum Schlagwort gewordene Begriff „Experimentelle Archäologie“ falsch ist. Haben wir nicht schon Archäologien genug und müßten daher nicht Experimente in der Archäolo-

gie, das heißt innerhalb der bestehenden Archäologie-Institutionen durchgeführt werden? Sei dies nun in der Forschung *sensu stricto* - welche in der Schweiz noch allzuoft mit Denkmalpflege gleichgesetzt wird - in der Ausbildung der Studentenschaft an den Universitäten, in den Ämtern für Denkmalpflege oder in den Museen. Die bei Experimenten anfallenden „Funde und Befunde“ können gleich dem Simulator in der Ausbildung der Piloten in der Archäologie zur besseren Interpretation der meist sehr fragmentarischen Überreste auf Ausgrabungen dienen. Hiefür müssen jedoch Rückmeldungen „an die Front“ erfolgen. Dies ist ein wesentlicher Punkt, der gegen eine von bestehenden Institutionen losgelöste „Forschungsstelle für Experimentelle Archäologie“ spricht.

Experimente in der Archäologie sollen als eine mögliche Methode Beiträge im Erkenntnisprozeß der archäologischen Forschung liefern. Einer der Gründe, weshalb dieses Potential des Experimentes noch nicht überall erkannt oder anerkannt wird, ist die unscharfe Grenze zwischen Experiment und Demonstration, oder sagen wir ruhig, zwischen Wissenschaft und Show. Wie konkret dieser Widerspruch werden kann, zeigte sich für unser Team in der Ausstellung „Pfahlbauland“ und in folgenden Jahren an Museumsfesten in Deutschland und der Schweiz. Wer Argumente für die Durchführung von Experimenten in der Archäologie sucht, kann bei solchen Anlässen am Abend einfach in die Tageskasse schauen. Es braucht dann für die Experimente am nächsten Tag keine weiteren Zielsetzungen, zumindest nicht in Zeiten von dreißig- und mehrprozentigen Budgetkürzungen im Kulturbereich.

Allerdings bleibt bei solchen Anlässen meist sehr wenig Zeit für das effektive Experiment. Der Druck seitens der Organisatoren, ausschließlich präsentierbare Endresultate liefern zu müssen und den Weg dahin zu vernachlässigen, ist zu groß. Groß ist auch die Versuchung für den Experimentator, in der Routine zu versinken und sich nur noch als perfekter prähistorischer Bronzegießer beklatschen zu lassen. Es er-

fordert permanente Selbstkritik, um als Archäologin und Archäologe nicht in ein allseits beliebtes Nostalgie-Catering abzuweichen - oder wenn schon, dann höchstens im Food-Sektor, beim Garkochen und Abschmecken einer Hirschkeule oder eines bronzezeitlichen Eintopfgerichtes. Der Fairneß gegenüber dem Publikum sei hier ausdrücklich festgehalten, daß bei jedem Bronzeguß die Frage gestellt wird, woher denn eigentlich das jeweils umgegossene Kupfer und Zinn stamme. Dies ist eine hoch wissenschaftliche Frage, wie die umfangreiche Literatur zum Thema Herkunftsbestimmung früher Metallobjekte zeigt. Leider kann diese Frage immer noch nicht beantwortet werden; sie widerlegt jedoch schlagend die Behauptung, der casual visitor sei an der wissenschaftlichen Seite der Archäologie nicht interessiert. Für unsere Bronzegießergruppe bedeutet dies, als mittelfristiges Ziel die gesamte Produktionskette von Kupfer ins Auge zu fassen.

Der überwiegende Teil der Experimente befaßt sich mit der Rekonstruktion von Herstellungstechniken, meist von Geräten und Waffen. Darüber legt die Bilanz der Experimentellen Archäologie in Deutschland von 1991 eingehend Rechenschaft ab; auch unsere Arbeit läßt sich hier einreihen. In der Technikrekonstruktion dürfen wir jedoch auf keinen Fall stecken bleiben, sowenig wie in einer möglichst analytischen und fein säuberlich deskriptiven Methodologie. Die Systematisierung von Experimenten in der Archäologie führt in eine Sackgasse, wenn sie dem effektiven Geschehen auf dem Experimentiergelände hinterher rennt und es nicht schafft, in die konzeptionelle Arbeit von Langzeitexperimenten einzugreifen. Unsere Aufgabe als materialorientierte Geschichtsforscher wäre, das prähistorische Leben so ganzheitlich wie möglich zu erfassen. Dies umfaßt auch das Suchen nach „dem Verhalten des Menschen und seiner individuellen Entscheidung“ (FANSA 1991, 9), denn genau dies ist die Leistung, welche die experimentelle Archäologie erbringen kann. Das archäologische Problem schlechthin und folglich auch jenes der archäologischen

Experimente ist es, „the man behind the artifact“ zu suchen. Da genügt es nicht, ergründet zu haben, wie, womit und wozu ein archäologisches Objekt hergestellt wurde.

Die Metalle eignen sich für die geforderte Ganzheitlichkeit der Experimente besonders gut. Dies liegt darin, daß Metallobjekte eine komplizierte Herstellungsgeschichte haben und diese nicht nur als äußerliche Formgeschichte sondern auch als innere, bis in die Tiefe des Atoms verfolgbare Herkunfts-, Temperatur- und Bearbeitungsgeschichte preisgeben. Dieses mikroskopische Zerzausen des Artefaktes ist zwar immer noch Technikrekonstruktion, aber es bildet die Grundlage für Gedanken zum menschlichen Verhalten. Wenn zum Beispiel in Anschliffen unzähliger Nadelspitzen, Messerschneiden und Rasierklingen nur gerade der funktional unbedingt notwendige Bereich weichgeglüht, homogenisiert und kalt ausgeschmiedet erscheint, heißt dies, daß offensichtlich schon vor dem Zeitalter der schlanken Produktion Zeit, Energie und Arbeitskraft optimiert wurden. Dieses Zusammenspiel im Experiment quantitativ zu erfassen und anschließend von der technologischen in die historische Betrachtungsweise hinüberzuwechseln, wäre der Ansatz zu einem ganzheitlichen Experiment.

Ebenfalls zu überdenken wäre das Beispiel einer Schweizer Stadt, welche Teile ihres *muris gallicis* rekonstruierte. Dieses Projekt läuft Gefahr, in einem rein statischen, musealen Gebilde zu enden, ohne Bezug auf das Alltagsleben der Vorbeieilenden und daher auch ohne nachhaltige Wirkung. Könnte da nicht ein Blick hinter diese Mauer gewagt werden und Begriffe wie „Schutzbedürfnis“ oder „Angst“ thematisiert und physisch in den Raum gestellt werden? Zweitausend Jahre Distanz zur damaligen Aktualität erlauben vielleicht, objektiver an solche Themen heranzugehen als die Tagespresse oder politische Parteien.

Die Technologie- und die Zeitachse, an-

hand derer im folgenden - mit einigen erheblichen Gedächtnislücken - 4000 Jahre Entwicklung der Kupfertechnologie aufzuzeigen versucht werden soll, sind nur zwei von vielen möglichen Fäden, welche langfristige Experimente in der Archäologie weiterspinnen können. Rohstoff, Werkstoff, Brennstoff, Energie einerseits, Gesellschaft, Religion, Mythologie andererseits sind Vektoren, welche in verschiedenste Richtungen ausstreuen aber durch das historische Gewissen der Archäologie, durch die geisteswissenschaftliche Wurzel unseres Faches immer wieder auf einen Punkt zurückgeführt werden sollten, nämlich auf die Frage: „Was hat sich der Mensch dabei gedacht?“

B. Ein experimentierfreudiger Gang durch 4000 Jahre Geschichte des Kupfer- und Bronzegusses

Im folgenden wird in katalogartiger Form dargestellt, auf welchen archäologischen Funden und Befunden unsere experimentelle Tätigkeit beruht. Auf die Wiedergabe von Abbildungen wird verzichtet, jedoch das jeweilige Literaturzitat angegeben. Die Abfolge ist streng chronologisch und umfaßt den Zeitraum von ca. 3700 BC - 400 AD. Die reichlich punktuelle Wiedergabe umfaßt die Zeitabschnitte Neolithikum/Kupferzeit, Frühbronzezeit, Spätbronzezeit, Hallstattzeit, La-Tène-Zeit, sowie die Römische Epoche und beruht auf den Funden von Öfen, Düsen, Tiegeln, Gußformen und Bronzeobjekten aus der Schweiz und angrenzenden Gebieten. Die Beschreibung ist als Übersicht gedacht und soll zum Informationsaustausch und zur Diskussion anregen.

Im Sinne einer Einschränkung der unbekanntesten Parameter wurden einzelne Teilbereiche der Experimente mit gleichbleibenden, nicht immer chronologietreuen Mitteln durchgeführt. Als Brennstoff verwendeten wir meist Holzkohle, auch wenn aufgrund der Quellenlage mit der direkten Verwendung von Holz gerechnet werden muß. In den wenigen Gußexperimenten mit Holz

gelang es uns ohne Mühe, Temperaturen von über 1200 Grad zu erreichen und Kupfer oder Bronze aufzuschmelzen. Als Blasbälge dienen uns Ledersäcke mit einer durch die Hand kontrollierten Öffnung für das Ansaugen der Luft. Gebrannte Tonrohre führen die Luft in die fest in oder auf den Ofen gesetzte Düse. Für den Ofenbau genügt ein mit Stroh oder Schamotte gemageter Gehängelehm. Die Gußtiegel stellen wir mit feuerfestem Ton aus den Tonwerken Lohn, Schaffhausen und Lausen, Baselland, her. In beiden Werken stammt die feuerfeste Komponente der Tonmasse aus der Umgebung. Mit wenigen Ausnahmen wurde nur Reinkupfer und Reinzinn aufgeschmolzen. Experimente mit Arsen-, Blei- und Nickellegierungen ließen unverhofft Schwierigkeiten wie Seigerung, Verlust durch Oxydation und Lunkerbildung auftreten.

1. Neolithikum/Kupferzeit:

Öfen: keine

Düsen: keine

Tiegel: pfynzeitlicher Tiegel aus der Grabung Zürich-Mozartstraße, ca. 3680 BC (GROSS et al. 1987, Tf. 5/13), sowie das horgenzeitliche Exemplar aus Zürich-See-feld, ca. 3000 BC. (FASNACHT 1991c, Fig. 2).

Gußformen: keine

Metallobjekte: kupfernes Randleistenbeil des Mannes vom Hauslabjoch. (SPERL 1992, Abb. 1).

Das Aufschmelzen des Reinkupfers geschah in den nachgebauten neolithischen Tiegeln. Die Befeuern der Tiegel erfolgte durch die gesamte Kupfer- und Bronzezeit hindurch immer von oben, direkt auf das Metall im Tiegel. Es kann davon ausgegangen werden, daß in der Kupferzeit wie erwiesenermaßen in der Frühbronzezeit die Luft mittels mundgeblasenen Rohren auf den Tiegel gerichtet wurde. Blasrohre ohne Düsenvorsatz sind ethnographisch belegt, es wäre also denkbar, daß dingfeste Funde von Blasvorrichtungen aus den Anfängen der Pyrotechnik uns verborgen bleiben,

weil nur organisches Material verwendet wurde. Das Aufschmelzen von Reinkupfer mittels Blasrohren gelang uns lediglich in einem Miniaturtiegel (GROSS 1987, Tf.6/6), dies jedoch durch eine einzige Person und auf Antrieb. Die kupferzeitlichen Miniaturtiegel werden in diesem Zusammenhang nicht als Kinderspielzeug, sondern als Prober- oder Kontrolltiegel interpretiert (FASNACHT 1991b,159). Der Guß eines Kupferbeils in eine zweisealige Sandsteinform gelang erst nach mehrmaligem Umschmelzen des Kupfers, beim ersten Guß bildete sich durch Entgasung immer ein schwammartiges, unbrauchbares Gebilde. Wesentlich erfolgreicher war der Guß in die offene Schale aus Sandstein. Das Metall entgast so auf der ganzen Oberfläche, der Gußrohling kann überschmiedet und die Randleisten können aufgestaucht werden.

2. Frühbronzezeit:

Öfen: keine

Düsen: Arbon Bleiche (HOCHUELI 1994, Tf. 82, Abb. 754 und 755), Zürich-Mozartstraße (Groß et al. 1992, Tf. 297/20)

Tiegel: Lago di Ledro, Italien (RAGETH 1974, Tf. 89-91).

Gußformen: Lavezstein, Savognin-Padnal (RAGETH 1986, 85/86, Abb. 13).

Metallobjekte: Doppelflügelnadel, Savognin-Padnal (RAGETH, 1986, Abb. 13).

Wir rekonstruierten die frühbronzezeitlichen Düsen (Abb. 1), steckten sie auf einen ausgehöhlten Holunderstab und versuchten, im Holzkohlestoß mit drei Blasrohren Reinkupfer in einem kupferzeitlichen Tiegel aufzuschmelzen. Dies gelang auch nach mehrmaligem Versuch nicht, was daran liegen könnte, daß unsere Technik keinen kontinuierlichen Luftstrom erzeugte. Berufsblasmusiker, insbesondere Holzbläser, wären da vielleicht erfolgreicher (sic Prof. E. SANGMEISTER).

Das Aufschmelzen der Zinnbronze für den Guß von Doppelflügelnadeln erfolgte im spätbronzezeitlichen Ofen. Wie ein Blick



Abb. 1: Nachbildungen von frühbronzezeitlichen Blasdüsen nach mehrmaligem Gebrauch.

auf die Stuttgarter Analysentabellen zeigt, bestehen die Doppelflügelnadeln, wie die Rauten- und Scheibenkopfnadeln auch, vorwiegend aus 6 bis 10-prozentiger Zinnbronze. Die Gußrohlinge jedoch derart dünn auszuschmieden, entzieht sich unseren experimentellen Möglichkeiten. Der Speckstein für die Gußformen stammt aus dem Valle di Campo im Kanton Tessin (FASNACHT 1991a, 7). In der Ausstellung „Pfahlbauland“ entsorgten wir das Abfallaluminium der Verpflegungsbetriebe durch Umgießen in frühbronzezeitliche Flügel-nadeln, dies als Beitrag der prähistorischen Gußtechnik zur Lösung unserer heutigen Umweltprobleme.

3. Spätbronzezeit:

Öfen: Säckingen (D) (GERSBACH 1968, Tf. 100, ders. 1969, 65).

Düsen: Möriren (BENATZKI-GOETZE 1987, Tf. 176)

Tiegel: Cortaillod NE (WYSS 1971, 124, Abb. 5)

Gußformen: Zürich-Alpenquai (WYSS 1967, Abb. 1)

Metallobjekte: Messer, Sichel, Beile aus Schweizer Seeufersiedlungen.

Die Fundlage ermöglicht es erst in der Spätbronzezeit, alle für die Rekonstruktion des Bronzegusses benötigten Einrichtungen und Objekte in und direkt um die Schweiz als archäologisch dokumentierte

Funde vorzulegen. Für die Nachbildung des Schmelzofens von Säckingen wurden ein Sandsteinbrocken vom oberen Zürichsee als Rückwand und Ton der Tonwerke Lausen, Baselland, als Seitenwände verwendet. Die Düse wurde aus demselben Ton nachgebildet und auf den Sandstein aufgekittet (JANTZEN 1991, Abb. 9). Die Düsen können ungebrannt gebraucht werden. Dies könnte der Grund sein, weshalb der hintere Teil der Tondüsen, welcher vom Feuer kaum beeinflusst wird, vielfach abgebrochen ist. Bronzezeitliche Tiegel sind in der Schweiz mit wenigen Ausnahmen (WYSS 1971, 124, Abb.5) nur in kleinen Fragmenten erhalten. Dieser Umstand ruft nach einer Erklärung. Es ist denkbar, daß das Tiegelmateriale als Schamotte wiederverbraucht wurde und daher nicht mehr als übliche archäologische Quelle, d.h., nicht als Wegwerf-Objekt vorliegt. Ein intensiveres Schamottieren als bisher angenommen wird auch für die prähistorische Gebrauchskeramik vorgeschlagen (WEISS 1994, 121). Eine andere Erklärung bieten unsere Versuche mit kalkhaltigem Ton, der nach dem Gebrauch als Gußtiegel wegen der Kalktreiber zerfällt. Wenn die Tiegel nicht über 800 Grad vorgebrannt werden (WEISS 1994, 118) und während der Gußtätigkeit bis zum Endverschleiß nie abkühlen, können auch diese Tone zur Herstellung von Gußtiegeln verwendet werden. Anschließend zerfallen die Tiegel zu Krümeln und Kleinstfragmenten, welche kaum eine Chance haben, auf Ausgrabungen erkannt zu werden. Eine dritte Möglichkeit wäre, daß tatsächlich nur kleine Tiegel verwendet wurden (WYSS 1971, 124, Abb.5) und größere Objekte direkt aus dem Ofen fließend gegossen wurden, wie dies in der heutigen Gußtechnik noch der Fall ist. Nach mehreren Versuchen gelang es uns tatsächlich, aus dem Ofen von Säckingen mit einer hypothetischen Vorderwand mit Spundloch ein spätbronzezeitliches Schwert in einer vorgelagerten Gußgrube zu gießen. Diese Methode interessiert wegen der Möglichkeit, wesentlich mehr Bronze aufzuschmelzen, als selbst im größten prähistorischen Tiegel Platz hätte. Wir stellen uns vor, daß auf diese Weise

z. B. das Gußgut für römische Bronzeplastiken aufgeschmolzen wurde. Als Gußformen für die Schwerter dienten Sandsteinplatten (SCHAUER 1971, Tf. 86 und Tf 79, 527). Die schwierigste Aufgabe des Schwertgießers ist, die Gußformen so aufzuheizen, daß sie sich nicht verbiegen. Während unserer ersten Versuche verbogen sich die Sandsteinplatten bis zu einem Zentimeter. Von der Qualität, wie sie von einem zum Gebrauch bestimmten Schwert gefordert würde, sind wir noch meilenweit entfernt (Abb.2). Mehrere hundert Sichel, Messer, Beile, Nadeln und Anhänger gossen wir in Sandsteinformen. Die Widerstandsfähigkeit der Sandsteine gegen Temperaturschock ist sehr unterschiedlich. Gewisse Sandsteine überstehen auch nicht einen Bronzeuß. Nur in einer einzigen Gußform gelangen uns über 20 Güsse. Messer, Sichel und gewisse Anhänger können in der einschaligen Form mit flacher Gegenplatte gegossen werden. Diese Objekte eignen sich deshalb auch vorzüglich für Vorführungen vor Publikum. Alle an öffentlichen Vorführungen gezeigten experimentellen Bronzeobjekte versehen wir mit einem „Copy“-Stempel.

4. Hallstatt- und La-Tène-Zeit

Öfen: keine

Düsen: keine

Tiegel: Tontiegel mit Deckel von Fellbach-Schmiden (JOACHIM und KRAUSE 1990, Abb. 54)

Gußformen: keine

Metallobjekte: Certosafibeln (SCHINDLER 1994, 79-80), Potinmünzen (FASNACHT und NORTHOVER 1991, 240-243)

Parallel zur Beherrschung eines neuen Metalls könnte mit dem Beginn der Eisenzeit auch eine einschneidende Veränderung im Gebrauch der keramischen Werkstoffe einhergegangen sein. Die Gußtiegel wurden nämlich erstmals von außen her aufgeheizt; sie sind zudem geschlossen. Dies bedingt einen feuerfesten Ton oder eine sehr genaue Kontrolle der Temperatur, z.B. anhand der Farbe des glühenden Tiegels.

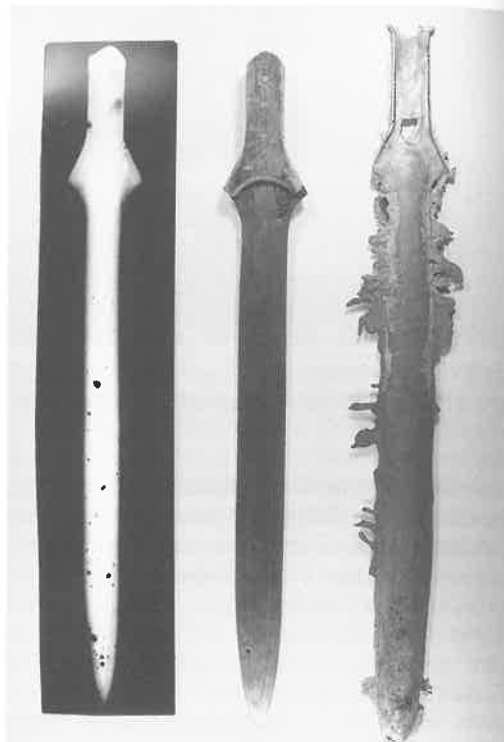


Abb. 2: Nachgegossene spätbronzezeitliche Schwerter, v.r.n.l.: Gußrohling; überarbeitetes Schwert mit Hirschhorngriff; Röntgenaufnahme desselben.

Der Schmelzpunkt unseres üblichen Gehängels liegt zwischen 1100 und 1150° Celsius. Mit Schmelztemperaturen der eisenzeitlichen Bronzelegierungen von unter 1000 Grad besteht theoretisch die Möglichkeit, vor der Erweichung des Tiegels genug Übertemperatur für den Gußvorgang zu erreichen. Der Schmelzofen muß dem Tiegel entsprechend so gebaut sein, daß die Luftzufuhr durch eine Düse, oder auch einfach durch eine Öffnung in der Ofenwand, von unten her das Hitzemaximum gleichmäßig um den Tiegel herum hocharbeitet. Die Dimension eines solchen mit nur einer Düse betriebenen Ofens pendelte sich nach den ersten Versuchen um 30 cm Durchmesser und etwas über 20 cm Tiefe ein.

Die vorgebrannten Tiegel werden mit Metall gefüllt und mit nassem Ton abgedeckt. Der Deckel muß über eine Sollbruchstelle



Abb. 3: Nachgefertigte hallstattzeitliche Gußtiegel mit Tondeckel, nach mehrmaligem Gebrauch. Größe: 8-15 cm.

verfügen, damit die Spitze abgezwickelt oder abgeschlagen werden kann (Abb. 3). Das Vorbild aus Fellbach-Schmieden weist mit seiner geraden Abbruchstelle des Deckels jedenfalls in diese Richtung. Als Vorlage für die Rekonstruktion der Gußformen für die Fibeln sind wir von den Gußabfällen und Halbfabrikaten des Depotfundes von Arbedo ausgegangen (SCHINDLER 1994). Da im Kt. Tessin seit Urzeiten Speckstein für Gußformen (DONATI 1986, Fig. 6), Ofensteine, Kochtöpfe u.a. verwendet wird, stellten wir die Gußformen für die Certosafibeln aus Speckstein her. Die Nadeln können vor dem Guß in die Form eingesetzt und im Überfangguß fixiert werden.

Gußformen für Potinmünzen fehlen in der Schweiz vollständig. Wir gehen davon aus, daß sie aus ungebranntem Lehm geformt wurden (Abb. 4) und 2000 Jahre Lagerung in der Erde nicht überstanden. Eine Herstellung im Wachsaußschmelzverfahren wäre auch möglich, erscheint uns jedoch für eine Massenproduktion (der halbverschmolzene Klumpen der Züricher Börse besteht aus ca. 17000 Münzen, Voûte 1985,140) als zu aufwendig. Wir versuchten es mit einer mehrfach verwendbaren, auf unter 600° Celsius vorgeheizten Zweischaligenform aus Ton. Was wurde wohl allfälligen keltischen Falschmünzern entgegengesetzt, wenn es unserer Gruppe schon nach kurzer Zeit gelang, keltische Münzen in beliebiger Anzahl zu kopieren?



Abb. 4: Ungebrannte tönerner Gußform für Potinmünzen des „Zürcher Typs“.

5. Römische Epoche

Öfen: Augst, Baselland (MARTIN 1978, Abb.1 und Abb. 20.)

Düsen: Augst (MARTIN 1978, Abb. 21)

Tiegel: Augst (MARTIN 1978, Abb. 18)

Gußformen: Augst (MARTIN 1978, Abb. 15 und 16)

Metallobjekte: Augst (MARTIN 1978, Abb. 2, 3, 12)

Der schönste Befund mit vielen wichtigen Funden in archäologisch gut dokumentiertem Zusammenhang ist uns aus Augst überliefert. Die lückenlose Produktionskette römischer Kleinbronzeobjekte ermöglicht es, uns mit den Rekonstruktionen sehr nahe an die archäologische Realität heranzuwagen. Der experimentelle Ofen und eine Gußform konnten mit der Erlaubnis des zuständigen Konservators mit originalen römischen Ziegelfragmenten nachgebildet werden. Eine komplizierte „Inneneinrichtung“ des Ofens, wie Lochtenne oder Tiegelhalter etc. braucht es nicht, da die nach unten spitz zulaufende Form der Tiegel ein Umkippen verhindert, ja geradezu für ein vertikales Einsinken in die verbrannte Holzkohle geschaffen ist. Die Gußtiegel bestehen aus einem inneren Feinbelag und einem äußeren, groben Mantel. Der äußere Mantel ist Verschleißmaterial, er darf sich erweichen oder schmelzen und verglasen, wie zahlreiche Abdrücke der Zangen bezeugen, während der innere Belag absolut dicht bleiben

muß. Die Tiegel sind oben offen, können aber mit einem losen Deckel, z.B. einer Keramikscherbe, gegen einfallende Holzkohle abgedeckt werden. Die Vorstellung, daß die römischen Schmelzbirnen wie jene für den ethnographisch belegten afrikanischen Gelbguß direkt mit der Gußform verbunden waren und zum Guß nur noch umgestülpt werden mußten, läßt sich nach unseren Untersuchungen an Dutzenden von römischen Tiegeln nicht aufrecht erhalten. Die Handhabung der Tiegel geschieht mit zwei Eisenzangen, wobei mit der einen der Tiegel vertikal aus dem Feuer gehoben und mit der anderen (MARTIN 1978, Abb. 19) der Tiegel horizontal umfassen und ausgegossen wird. Für die Gußform des Löffels (Abb. 5) wurde nicht wie im Original Marmor sondern Speckstein verwendet. Die beiden Materialien sind insofern vergleichbar, als sie wegen mineralischer Umwandlungen nicht zu hoch vorgeheizt werden dürfen. Bezüglich des Vorheizens der Gußformen sind unsere Experimente noch im Anfangsstadium. Außer einer bronzezeitlichen Schwertform mit einer Länge von 80 cm haben wir nie eine Form über 600° Celsius vorgeheizt. Inwieweit dies der Realität entspricht, wäre primär eine Frage an die Archäometrie, insbesondere an geologisch-mineralogische Untersuchungen.

C. Schlußwort

Wir sind nun an einem Punkt angelangt, wo wir unsere experimentellen Ergebnisse und Schlüsse naturwissenschaftlich überprüft haben möchten. Dies bedingte einen massiven Einsatz von analytischen Mitteln, wie sie selbst am effektiven archäologischen Fundgut nicht systematisch angewandt werden. Neben der Metall- und Keramikanalyse drängt sich eine Nachbearbeitung der experimentellen Funde und Befunde auch in verschiedenen anderen Bereichen auf. Als Beispiel kann hier die Archäomagnetik dienen. Erste Messungen der Suszeptibilität (Magnetisierbarkeit) des intensiv gebrannten Tones der experimentellen Schmelzöfen durch das Institut für Mineralogie der Universität Genf lieferten

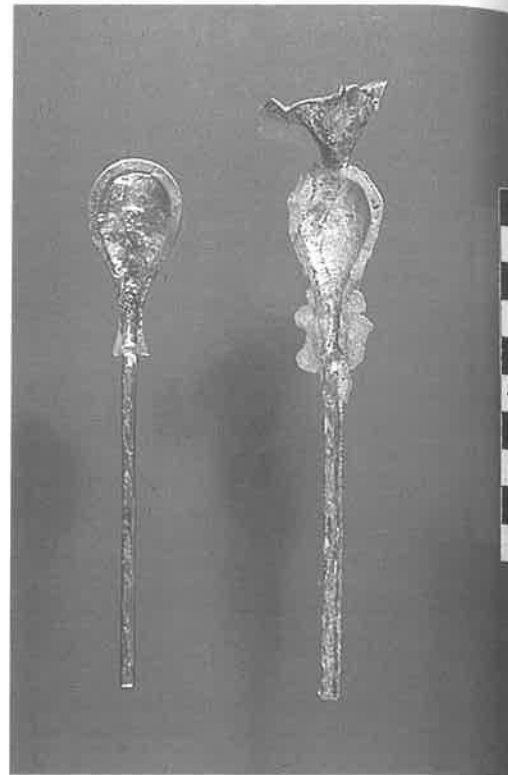


Abb. 5: Römische Bronzelöffel, Gußrohling und überarbeitetes Exemplar; nach Funden aus Augusta Raurica.

Informationen zur Orientierung und zum Aufbau des Ofens sowie zur Luftzufuhr, welche, direkt auf Ausgrabungen an Herdstellen und fragmentierten Öfen angewandt, höchst wertvoll für deren Identifikation und Interpretation sein können.

Ein vor allem aus der Mythologie bekanntes Phänomen ist die gesundheitliche Beeinträchtigung der prähistorischen Bronze gießer. Es hat sich gezeigt, daß in unserer Gruppe nach einem Gießtag Symptome wie Kopfschmerzen und ein leicht beschwingtes Gefühl auftreten. Da Metalloxyde weniger akute Symptome hervorrufen, kam der Verdacht auf, daß Kohlenmonoxyd oder Sauerstoffmangel dafür verantwortlich sein könnte. Nach einem halben Tag Gießen unter einem Vordach wurde vier unmittelbar beteiligten Personen Blut



Abb. 6: Gebrauchsfertige Nachbildung einer spätbronzezeitlichen Sichel mit handgerechtem Griff aus Astholz eines Apfelbaumes.

entnommen. Untersuchungen am Institut für Klinische Chemie des Universitätsspitals Zürich zeigten in drei Fällen zu tiefe Oxyhämoglobinwerte. Die CO-Hämoglobinwerte bewegen sich im Normbereich. Wir beabsichtigen, diesen bis dahin vernachlässigten Aspekt der experimentellen Tätigkeit weiterzuverfolgen.

Abschließend sei am Beispiel unseres ersten gelungenen Gußobjektes, der Bronzesichel (Abb. 6), festgehalten, daß mit der Perfektionierung des Gußes, wie hier gerade beschrieben, unsere Aufgabe als experimentelle Bronze gießer noch längst nicht erfüllt ist. Erst die Anwendung, das heißt die Schärfung, die Schäftung (EGLOFF 1984,52), der Gebrauch, die Wiederherstellung bei Beschädigung und der Verbrauch bis zum Wiedereinschmelzen der Bronzesichel löst das Versprechen des ganzheitlichen Experimentes ein.

Literatur:

- BENATZKI-GOETZE, M. (1987): Möriegen - Die spätbronzezeitlichen Funde. Antiqua 16. Basel.
 DONATI, P. (1986): Bellinzona a Castel Grande - 6000 anni di storia. Archäologie der Schweiz 9/1986/3, 94 - 109.
 EGLOFF, M. (1984): A l'aube du „design“: les manches de faucilles du Bronze final. Helvetia Archaeologica 15/1984-57/60, 51 - 66.

- FANSA, M. (1991): Experimentelle Archäologie - Bilanz 1991 - Eine Einleitung. Experimentelle Archäologie, Bilanz 1991, 9-13. Oldenburg.
 FASNACHT, W. (1989): Les premiers creusets de la Civilisation de Horgen trouvés en Suisse. Antiquités Nationales 21, 11-13. St. Germain-en-Laye.
 DERS. (1991a): Der prähistorische Bronze guß im Experiment: Erfahrungen anlässlich der Ausstellung Pfahlbau Land. Minaria Helvetica 11a, 3-12.
 DERS. (1991b): Analyses d'objets en cuivre du Néolithique Récent du bassin zurichois. Actes du Colloque International „Découverte du Métal“, St. Germain-en-Laye.
 DERS. (1991c): Erste Hinweise auf eine eigenständige Kupfermetallurgie in der Horgener Kultur. Minaria Helvetica 11b, 45-53.
 FASNACHT, W. und NORTHOVER, J.P. (1991): Metallkundliche Untersuchungen. Uetliberg, Uto-Kulm, Ausgrabungen 1980-1989, 239-251.
 GERSBACH, E. (1968 und 1969): Urgeschichte des Hochrheins. Badische Fundberichte, Sonderheft 11.
 GROSS, E. et al. (1987): Zürich „Mozartstraße“: Neolithische und bronzezeitliche Seeufersiedlungen, Band 1. Zürich.
 DERS. (1992): Zürich „Mozartstraße“: Neolithische und bronzezeitliche Seeufersiedlungen, Band 2. Zürich.
 HOCHUELLI, St. (1994): Arbon-Bleiche. Die neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlungen. Archäologie im Thurgau 2. Frauenfeld.
 JANTZEN, D. (1991): Versuche zum Metallguß der nordischen Bronzezeit. Experimentelle Archäologie, Bilanz 1991, 305-316. Oldenburg.
 JUNGHANS, S. et al. (1968 und 1974): Studien zu den Anfängen der Metallurgie, Band 2, 1-4. Berlin.
 JOACHIM, W. und KRAUSE, R. (1990): Frühlatenezeitliche und frühgeschichtliche Siedlungsreste in Schmiden, Stadt Fellbach, Rems-Murr-Kreis. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1990, 94-96.
 MAGGETTI, M., BAUMGARTNER, D., GALETTI, G. (1991): Mineralogical and Chemical Studies on Swiss Neolithic Crucibles. Archaeometry 90,95-104.
 MARTIN, M. (1978): Römische Bronze gießer in Augst BL. Archäologie der Schweiz 1/1978/3, 112-120.
 RAGETH, J. (1986): Die wichtigsten Resultate der Ausgrabungen in der bronzezeitlichen

Siedlung auf dem Padnal bei Savognin (Oberhalbstein GR). Jahrbuch SGUF 69, 63-103.

RAGETH, J. (1974): Der Lago di Ledro im Trentino und seine Beziehungen zu den alpinen und mitteleuropäischen Kulturen. Bericht RGK 55, 73-260.

SCHAUER, P. (1971): Die Schwerter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz I. PBF IV/2. München.

SPERL, G. (1992): Das Beil vom Hauslabjoch. Der Mann im Eis, Band 1.

SCHINDLER, M.P. (1994): Il ripostiglio di bronzi della prima età del ferro di Arbedo. Archäologie der Schweiz 17/1994/2, 79-80.

VOUTE, A. (1985): Untersuchungen am Zürcher Potinklumpen, in: Castelin, K.: Keltische Münzen, Katalog der Sammlung des Schweizerischen Landesmuseums Zürich, Band II, 139-140.

WEISS, J. (1994): Erfahrungen beim Herstellen und Brennen von prähistorischen Keramikkopien. Jahrbuch SGUF 77, 115-122.

Wyss, R. (1971): Technik, Wirtschaft und Handel, Ur- und frühgeschichtliche Archäologie der Schweiz, Band III, 123-144. Basel.

Wyss, R. (1967): Bronzezeitliche Gußtechnik. Aus dem Schweizerischen Landesmuseum 19. Bern.

Anschrift des Verfassers:

Walter Fasnacht
Konservator
Schweizerisches Landesmuseum
Sektion Archäologie
Hardturmstraße 185
CH-8005 Zürich

Photos: Schweizerisches Landesmuseum, Sektion Archäologie.

Rekonstruktionsversuch zur Eisenerzeugung im Rennofen mit eingetiefter Schlackengrube

Bernd Lychatz

1. Einleitung

Die Gewinnung des Eisens erfolgte zur römischen Kaiserzeit in Germanien durch das Rennverfahren. Der Name bedeutet: zerrennen d.h. zerrinnen, schmelzen lassen. Über dieses Verfahren wurde direkt aus dem Eisenerz durch Reduktion mit Holzkohle schmelzbares Eisen gewonnen (Neumann, 1954).

Der vorherrschende Ofentyp im Germanien der Römerzeit war der Rennofen mit eingetiefter Schlackengrube (Abb. 1). In den letzten Jahrzehnten wurden bei umfangreichen Ausgrabungen zahlreiche solcher Rennöfen nachgewiesen, so vor allem in Schleswig-Holstein (HINGST, 1981 und JÖNS, 1993), in Böhmen und Mähren (PLEINER, 1964), im Heilig-Kreuz-Gebirge und in Masowien (BIELENIN, 1976), in Jütland (VOSS, 1989), in der Altmark (LEINEWEBER, 1989), in der Niederlausitz (KNAACK, 1991 und SALESCH, 1993) und in Mecklenburg/Vorpommern (WOLL-SCHLÄGER, 1992).

Zielstellung des Rekonstruktionsversuches war es, Aufschlüsse über den Prozeßverlauf und die Beeinflussbarkeit technologischer Parameter zu bekommen. Weiterhin sollte ein Vergleich von dem zu erzeugenden Eisen und der anfallenden Schlacke

mit aus archäologischen Befunden bekannten Eisen- und Schlackenanalysen zeigen, inwieweit der Versuch repräsentativ für das Rennofenverfahren ist.

2. Metallurgie des Rennverfahrens

Die Eisengewinnung im Rennofen erfolgt durch Reduktion der Eisenoxide zu Eisen im festen Zustand und das Zusammensintern der Eisenpartikel zur Luppe kurz unterhalb der Düsen. Gleichzeitig bildet ein Teil des Eisenoxids, welches nur bis zum Wüstit (FeO) reduziert wurde, mit der im Erz enthaltenen Gangart (im wesentlichen SiO₂) eine niedrigschmelzende fayalitische Schlacke (2FeO*SiO₂). Diese fließt in die Herdgrube ab und bildet den sogenannten Schlackeklotz.



Abb. 1: Verbreitung der Eisenschlacken aus Rennöfen mit eingetiefter Schlackengrube (Bielin 1978)

Die Reduktion der Eisenoxide zu Eisen im Rennofen wird vom Kohlenstoff der eingesetzten Holzkohle und von deren Verbrennungsgasen Kohlenmonoxid und Kohlendioxid bestimmt. Diese Größen sind durch die Boudouardreaktion



miteinander verknüpft. Das kombinierte Baur-Glaessner-Boudouard-Schaubild

(Abb. 2) stellt damit das Gleichgewichtsschaubild Fe-O-C dar. Aus der Abbildung läßt sich entnehmen, daß zur Gewinnung metallischen Eisens aus Eisenoxiden der CO-Gehalt im Reaktionsgas über 55 % und die Temperatur über 640° C betragen müssen. Diese Voraussetzungen sind beim Rennofenprozeß, bei dem im Düsenbereich Temperaturen von über 1200° C erreicht werden, gewährleistet, wenn ein genügend hohes Holzkohle-Erz-Verhältnis und eine diesem Verhältnis angepaßte Windzuführung realisiert werden.

Bislang wurden eine Vielzahl von Schlacken aus verschiedenen Grabungen analysiert (u. a. OELSEN und SCHÜR-MANN 1954, BIELENIN 1978, FENNERT 1992). Die chemischen Analysen ergaben, daß der Fayalit ($2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$) die Basis der Schlackenbildung ist (Abb. 3). Die Schlacken enthalten in Abhängigkeit von den eingesetzten Erzen noch geringe Mengen an Al_2O_3 , MnO , K_2O , CaO , MgO und P_2O_5 . Sie weisen im allgemeinen folgende Gehalte auf:

1. 55-70% FeO und MnO (bei geringen Gehalten von Fe_2O_3)
2. 15-30% SiO_2
3. 5-15% Al_2O_3 , K_2O , CaO , MgO und P_2O_5

Das Endprodukt des Rennofenprozesses ist die Luppe, eine schwammartige Eisenmasse mit Schlackeneinschlüssen und Hohlräumen. Zur Weiterverarbeitung muß die Rohluppe in einem Ausheizherd erneut erwärmt und ausgeschmiedet werden, um die Schlackenverunreinigungen auszutreiben und die Hohlräume zu verschweißen. Das Eisenausbringen einer Rennofenschmelze ist damit im wesentlichen abhängig vom Anreicherungsgrad und der Kompaktheit des Eisens in der Luppe, sowie der Kunst des Schmiedes, die Zunder- und Trinnereisenverluste (Abplatzen der Randpartien) gering zu halten. Die Ofenleistung wird neben der Erzzusammensetzung wesentlich durch diese Faktoren bestimmt.

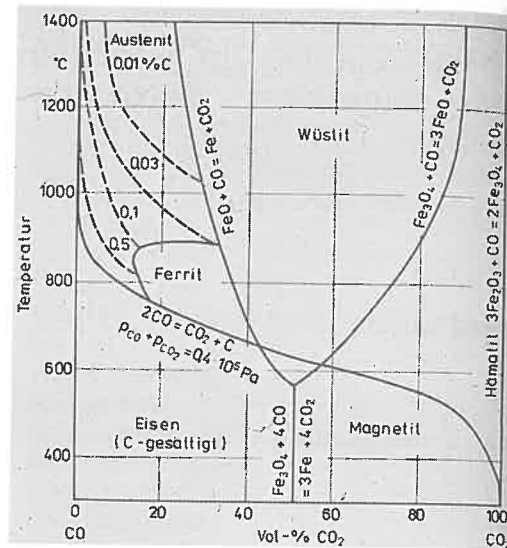


Abb. 2: Kombiniertes Baur-Glaessner-Boudouard-Schaubild (nach Fenzke 1984)

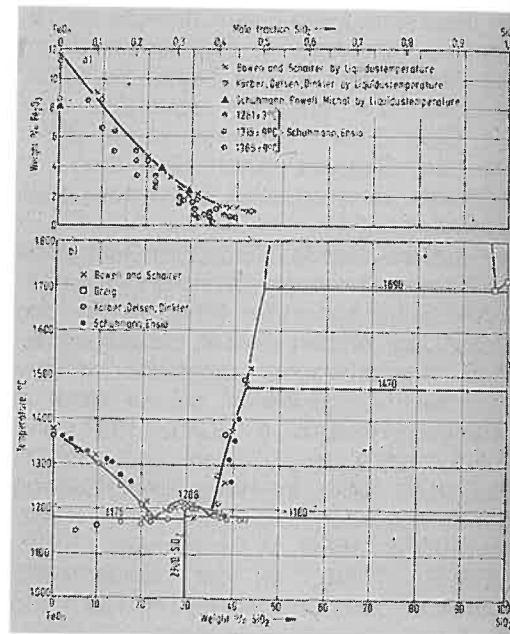


Abb. 3: Zustandsschaubild FeO-SiO₂ (Schlackenatlas 1981)

Bei Ausgrabungen in Jevenstedt sind eine sogenannte „große“ und „kleine“ Luppe gefunden und von Schürmann untersucht worden. Die chemische Zusammensetzung wird in Tabelle 1 [in %] wiedergegeben.

| | C | Si | Mn | P | S |
|--------------|-------|-------|------|------|-------|
| Kleine Luppe | 0,02 | 0,045 | 0,07 | 0,81 | 0,053 |
| Große Luppe | 0,053 | 0,06 | 0,04 | 0,75 | 0,065 |

Augenfällig bei diesen Luppen ist der geringe Kohlenstoffgehalt, der zugleich charakteristisch für ein weiches Schmiedeeisen ist.

3. Versuchsdurchführung

3.1. Ofenbau

Der Aufbau begann mit dem Ausschachten der Schlackengrube, die eine Tiefe von ca. 0,40 m erhielt¹⁾. Bedingt durch den weichen Untergrund war es notwendig, die Schlackengrube mit Lehm auszukleiden, um die erforderliche Standfestigkeit für den Rennofenaufbau gewährleisten zu können. Der eigentliche Ofenschacht wurde dann über der Schlackengrube errichtet. Kurz oberhalb dieser erfolgte der Einbau der vier um 90 Grad versetzten Winddüsen, die einen Durchmesser von jeweils 4 cm besaßen. Der Rennofen hatte einen Innendurchmesser von 0,30 m in der Winddüsenebene und von 0,20 m an der Gicht (obere Begrenzung des Rennofens). Die Höhe betrug 1,30 m. Der Zeitaufwand für den Bau des Ofens belief sich auf 30 Stunden, bei gleichzeitigem schwachem Trockenfeuern. Nach der Fertigstellung des Ofens wurde dieser mit Holz und Holzkohle trockengeheizt.

3.2. Prozeßverlauf und Schmelzergebnis

Als Einsatzstoff zur Eisenerzeugung wurde Erz mit der in Tabelle 2 wiedergegebenen folgenden chemischen Zusammensetzung [in %] verwendet:

| Fe | Mn | SiO ₂ | CaO | MgO | Al ₂ O ₃ | P | S | TiO ₂ | K ₂ O | GV ²⁾ |
|------|------|------------------|------|------|--------------------------------|-----|------|------------------|------------------|------------------|
| 53,3 | 0,19 | 14,5 | 0,65 | 0,39 | 1,6 | 0,1 | 0,06 | 0,27 | 0,4 | 2,45 |

Als Brennstoff kam ein vom Openluchtmuseum Eindhoven bereitgestellte Holzkohle (Mischholzkohle mit ca. 1/3 Birkenanteil) zum Einsatz. Der Betrieb des Rennofens erfolgte über den gesamten Zeitraum ausschließlich mit natürlichem Windzug.

Vor dem Beginn des Anheizens wurde die Schlackengrube mit Stroh und Holz ausgefüllt sowie die Arbeitsöffnung verschlossen. Das Anheizen erfolgte zuerst mit Holz, dann mit Holzkohle. Nach drei Stunden war eine Betriebstemperatur von 1230° C erreicht (Abb. 4) und die Beschickung des Rennofens mit Erz konnte beginnen. Schichtenweise wurden das Holzkohle-Erz-Gemisch und Holzkohle in den Rennofen eingebracht. Der Verfahrensverlauf ist in Abbildung 5 dokumentiert. Insgesamt wurden während des Rennofenprozesses 46 kg Holzkohle und 18,9 kg Erz verwendet, was einem Verhältnis von 2,4:1 entspricht. Die Verbrennungsleistung der Holzkohle lag im ersten Teil des Prozesses bei ca. 2,5 kg/h und fiel nach etwa 700 Minuten auf 1,7 kg/h ab. Die Ursache waren Prozeßstörungen beim Abfließen der Schlacke in die Schlackengrube, in deren Folge es zum Ausfließen der Schlacke aus den Düsen und zu einer Verschiebung der Schlackenbildungsprozesse in höhere Bereiche des Rennofens kam. Zurückzuführen sind diese Prozeßstörungen auf die nicht vollständige Beherrschung des Wärmehaushaltes der Schlackengrube, so daß sich diese nicht in erhofftem Maße mit Schlacke füllen konnte.

Das Versuchsergebnis stellt einen Schlackenblock mit eingebetteter Eisen-

| FeO | Fe ₂ O ₃ | Fe _{met.} | SiO ₂ | CaO | Al ₂ O ₃ | MgO | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MnO | S |
|------|--------------------------------|--------------------|------------------|------|--------------------------------|------|-------------------------------|------------------|------|------|
| 53,3 | 10,6 | 0,84 | 22,0 | 2,85 | 2,24 | 0,35 | 0,04 | 1,08 | 0,19 | 0,07 |
| 57,2 | 5,0 | 0,08 | 23,6 | 3,19 | 2,31 | 0,73 | 0,01 | 1,18 | 0,18 | 0,07 |
| 56,8 | 5,4 | 0,01 | 24,2 | 2,80 | 2,49 | 0,69 | 0,03 | 1,18 | 0,17 | 0,06 |

luppe dar, Abbildung 6 zeigt einen Längsschnitt durch diesen Block. In der Mitte ist die aus Eisenpartikel zusammengesinterte und noch stark mit Schlacke durchsetzte Luppe zu sehen. Die chemische Zusammensetzung der Schlacke [in %] ist in Tabelle 3 dargestellt.

Analysiert wurden drei Schlackenproben aus unterschiedlichen Bereichen, die alle eine ähnliche Zusammensetzung aufwiesen. In Übereinstimmung mit der Theorie der Rennofenmetallurgie handelt es sich um Schlackenzusammensetzungen, die auf der Grundlage von Fayalit (2FeO*SiO₂) gebildet worden sind und einen Schmelzpunkt kleiner 1200° C besitzen.

Aufgrund der nicht vollständigen Beherrschung der Rennofentechnologie ist die Luppe noch stark mit Schlacke durchsetzt. Eine repräsentative Eisenanalyse konnte somit erst nach dem Ausschmieden der Luppe durchgeführt werden.

3.3. Ausschmieden der Luppe

Das Ausschmieden der Luppe erfolgte nach Abschluß des Symposiums in einer Schmiedewerkstatt³⁾. Von der Luppe (ca. 3 kg) wurde ein 510 g schweres Stück abgetrennt und im Holzkohlefeuer auf ca. 1250° C erwärmt. Durch Ausschmieden (wobei der erste Arbeitsschritt mehr ein Pressen darstellt) sollte die noch enthaltene Schlacke entfernt werden (Abb. 7), was aber nur zum Teil gelang. Der erzeugte Eisenbarren (Abb. 8) mit einem Gewicht von 150 g hatte noch eine Vielzahl von

| C | Si | Mn | P | S |
|------|------|------|------|-------|
| 0,02 | 0,46 | 0,11 | 0,19 | 0,034 |

Schlackeeinschlüssen, die jedoch erst unter dem Auflichtmikroskop sichtbar wurden. Diese Schlackeeinschlüsse bewirkten bei der weiteren Bearbeitung des Eisens ein Abplatzen der Randpartien des Eisenbarrens. Die chemische Analyse des Eisens [in %] ist in Tabelle 4 wiedergegeben.

Bei dem im Rennofenprozeß erzeugten Eisen handelt es sich um ein weiches Schmiedeeisen mit einem ferritischen Gefüge. Die ermittelte Härte liegt bei 125 HV¹⁴⁾. Ein Vergleich der chemischen Zusammensetzung mit den in Jevenstedt gefundenen Luppen zeigt eine relativ gute Übereinstimmung. Die größere Abweichung beim Phosphor ist auf den niedrigen Phosphorgehalt des eingesetzten Erzes beim Versuch zurückzuführen. Die in Jevenstedt zur römischen Kaiserzeit verwendeten Raseneisenerze verfügten über wesentlich höhere Phosphorgehalte als das bei diesem Versuch eingesetzte Erz.

4. Zusammenfassung

Der anlässlich des Symposiums zur Eisenerzeugung durchgeführte Versuch erfolgte in einem Rennofen mit eingetiefter Schlackengrube. Es gelang, den Ofenbetrieb über 20 Stunden aufrecht zu erhalten und eine ca. 3 kg schwere Eisenluppe herzustellen. Die Luppe enthielt noch größere Schlackenanteile, die auch durch Ausschmieden nicht restlos entfernt werden konnten, was die Weiterverarbeitbarkeit einschränkte. Ziel der weiteren Arbeit wird es sein, Luppen mit geringeren Schlackenanteilen zu erzeugen⁵⁾.



Abb. 4: Rennofen während des Versuchs



Abb. 6: Schlackeklotz mit eingebetteter Luppe



Abb. 7: Ausschmieden der Luppe

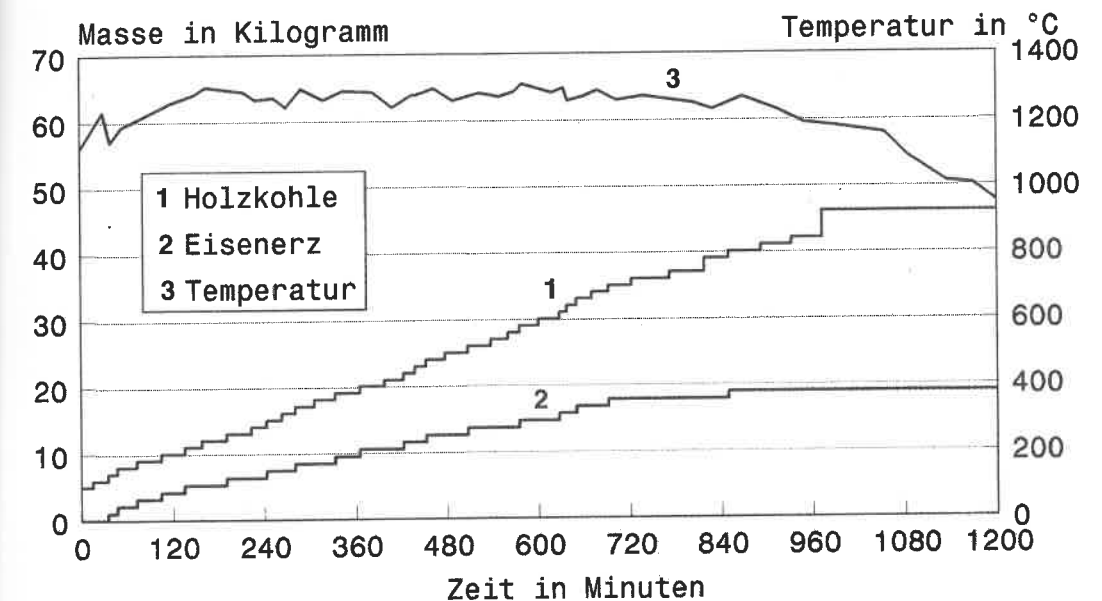


Abb. 5: Verfahrensverlauf der Rennofenschmelze



Abb. 8: Ausgeschmiedeter Eisenbarren

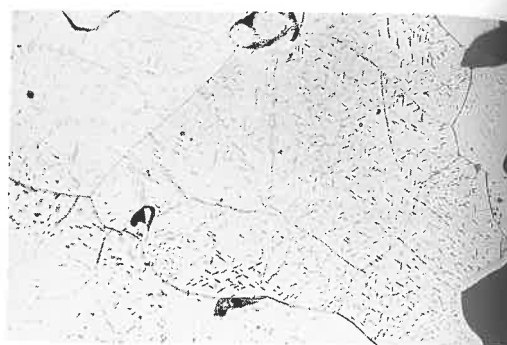


Abb. 9: Ferritisches Gefüge des Eisens
(500fache Vergrößerung)

Anmerkungen:

- 1) Die Versuchsschmelze wurde während des Eisen-symposiums am Openluchtmuseum Eindhoven durchgeführt.
- 2) Glühverlust, 2h bei 1000° C
- 3) Das Ausschmieden erfolgte in der Schmiedewerkstatt des Kunstschmiedemeisters Thys van de Manakker.
- 4) Zum Vergleich: Vergütungsstähle mit 0,2%-0,6%C und einem martensitischen Gefüge besitzen eine Härte von 400-900 HV, Bronze mit 20%Sn hat eine Härte von 140 HV und Messing mit 35% Zn eine Härte von 60 HV.
- 5) Abschließend möchte ich den Herren Günter Bürger, Castrop-Rauxel (Deutschland) und Thys van de Manakker, Helenaveen (Niederlande), herzlich für Ihre Zusammenarbeit beim Ausschmieden der Luppe danken. Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Roland Bannat, Salzwedel (Deutschland), Herrn Mario Fennert, Bergamo (Italien) und Frau Rosemarie Leineweber, Niephagen (Deutschland) für ihre Mitarbeit im Schmelzerteam und nicht zuletzt den Veranstaltern, vor allem Frau Anneke Boonstra, die diesen Workshop initiierte.

Literatur:

- BIELININ, K. (1976): Eingedieftes Rennöfen der frühgeschichtlichen Eisenverhüttung in Europa In: H. Mitscha-Märheim, H. Friesinger u. H. Kercher (Hrsg.), Festschrift für Richard Pittioni, Arch. Austriaca, Beih. 14 (Wien), S. 13-27
- BIELININ, K. (1978): Der frühgeschichtliche Eisenerzabbau in Rudki im Swietokrzyskie- (Heilig-Kreuz-) Gebirge, In: Eisen+Archäologie Eisenerzbergbau und -verhüttung vor

2000 Jahren in der VR Polen, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 14, S. 9-23

FENNERT, M. (1992): Metallurgische Aspekte der Eisengewinnung im Rennofen unter direkter Bezugnahme auf eine spätrömerzeitliche Verhüttungsstelle bei Zethlingen, Kr. Salzwedel, Archäologische Informationen aus der Altmark Nr. 3, S. 37-40

FENZKE, H.-W. (1984): Metallgewinnung Eisen und Stahl, Lehrbrief TU Bergakademie Freiberg, Eisenhütten-Institut

HINGST, H. (1981): Die Eisenverhüttungsplätze im Ablauf der vor- und frühgeschichtlichen Besiedlung in Schleswig-Holstein, In: Hafner (Hrsg.), Frühes Eisen in Europa. Acta des 3. Symposiums des comité pour la siderurgie ancienne de l'UISPP (Festschrift W.U. Guyan) Schaffhausen, S. 79-88

JÖNS, J. (1993): Eisengewinnung im norddeutschen Flachland, In: H. Steuer u. U. Zimmermann (Hrsg.), Alter Bergbau in Deutschland, Stuttgart: Theiss, S. 63-69

KNAAK A. (1991): Ausgrabungen auf einem kaiserzeitlichen und slawischen Siedlungs- und Eisenverhüttungsplatz bei Repten, Kr. Calau, Ausgrabungen und Funde 36, S. 75-81

LEINWEBER, R. (1989): Ein spätrömerzeitlicher Verhüttungsplatz im Bereich eines zeitgleichen Brandgräberfeldes von Zethlingen, Kr. Salzwedel. Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte 72, S. 97-120

NEUMANN, B. (1954): Die ältesten Verfahren der Erzeugung technischen Eisens, Freiburger Forschungshefte D 6, Akademie-Verlag-Berlin

OELSEN, W. und SCHÜRSMANN, E. (1954): Untersuchungsergebnisse alter Rennfeuerschlacken, Archiv Eisenhüttenwesen 25, Nr. 11/12 S. 507-514

PLEINER, R. (1964): Die Eisengewinnung in der „Germania Magna“ zur römischen Kaiserzeit Ber. RKG 45, S. 11-87

SALESCH, M. (1993): Untersuchung einer Siedlung der römischen Kaiserzeit in Elsterwerda, Kr. Bad Liebenwerda, Ausgrabungen und Funde 38, S. 151-155

SCHLACKENATLAS (1981): Verlag Stahleisen m.b.h. Düsseldorf

SCHÜRSMANN, E. (1958): Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer, Stahl und Eisen 78 Nr. 19 S. 1297-1308

VOSS, O. (1991): Jernproduktion i Danmark perioden 0-550 e. Kr. In: Samfundsorganisationog Regional Variation. Norden i romersk jernalder og folkevandringstid. Jysk Archäologisk Selskabs Skrifter XXVII (Symposium Sandberg 1989) Arhus, S. 171-184

WOLLSCHLÄGER, B. (1993): Ein Eisenverhüttungsplatz der spätrömischen Kaiserzeit und frühen Völkerwanderungszeit bei Göhlen, Kr. Ludwigslust Ausgrabungen und Funde 37, S. 151-155

Anschrift des Verfassers:

Bernd Lychatz
TU Bergakademie Freiberg
Eisenhütten-Institut
Leipziger Str. 34
09599 Freiberg/Sa.

Frühe Eisenerzverhüttung und ihr experimenteller Nachvollzug: Eine Analyse bisheriger Versuche

Frank Nikulka

1. Einleitung¹

Die Erforschung des Metallhandwerks ist nach wie vor eines der vorrangigen Ziele der archäologischen Wissenschaft. Zum Verständnis der materiellen Hinterlassenschaften können und sollten nicht nur die archäologischen Quellen (Funde und Befunde), sondern auch historische und ethnographische Berichte herangezogen werden.² Da auch diese Quellen nicht alle Fragen beantworten können, stellt der experimentelle Nachvollzug zweifellos eine unverzichtbare Ergänzung dar.

Insbesondere im Bereich der Eisenerzverhüttung wurden in den vergangenen Jahrzehnten außerordentlich viele Versuche durchgeführt. Die Zahl der in Publikationen zumindest erwähnten Experimente ist mit wenigstens 230 anzusetzen. Für etwa 165 Verhüttungsdurchgänge liegen ausführlichere Beschreibungen und quantitative Daten unterschiedlicher Qualität vor. Nicht berücksichtigt wurden bei dieser Zählung wenig aussagekräftige Kurzberichte zu ansonsten unpublizierten Versuchen, die in den regelmäßig erscheinenden Mitteilungen des „Comité pour la Sidérurgie ancienne“ in der Zeitschrift *Archeologické rozhledy* enthalten sind. Die Summe aller durchgeführten Verhüttungen läßt sich

nicht zweifelsfrei ermitteln; eine Größenordnung von 300-400 dürfte der tatsächlichen Zahl aber wohl recht nahe kommen.

Es ist das Ziel der folgenden Ausführungen, zu zeigen, welche Ergebnisse eine vergleichende Versuchsauswertung hervorbringen kann. Zugleich wird es notwendig sein, auf die methodischen Probleme hinzuweisen, die sich bei einem derartigen Auswertungsversuch auf der Grundlage der bisher publizierten Daten offenbaren.³

Metallurgische Grundlagen

Eine eingehende Abhandlung zur Reduktion des Eisens im Rennfeuer wurde von E.Schürmann im Jahre 1958 vorgelegt.⁴ Es mag hier also genügen, nur so weit ins einzelne zu gehen, wie dies für das Verständnis späterer Ausführungen notwendig ist. Im Rennfeuerverfahren werden Eisenerz und Holzkohle in Schacht- oder Grubenöfen unterschiedlicher Größen verhüttet. Diese Öfen werden normalerweise zuerst mit Holz oder Holzkohle vorgeheizt, bis eine Temperatur von mehreren Hundert Grad erreicht ist. Dann werden Erz und Holzkohle entweder miteinander vermischt oder abwechselnd in den Ofen gefüllt. Im Verlauf mehrerer Stunden wird dann das Erz reduziert und Eisen freigesetzt. Währenddessen kann der Ofen entweder durch natürliche Luftzufuhr oder mittels Gebläse bzw. Blasebälgen belüftet werden. Bei ausreichend hohen Temperaturen entsteht dann Schlacke, die entweder aus dem Ofen herausgeleitet (abgestochen) wird oder in eine unter dem Ofenschacht befindliche Grube abfließt. Wenn die Verhüttung als beendet angesehen wird - z.B. weil die Temperaturen sinken -, wird der Ofen entweder sofort oder aber erst nach mehreren Stunden bzw. Tagen geöffnet, um das entstandene Eisenprodukt (Luppe, Eisenschwamm) zu entnehmen und anschließend zu schmieden. Die entstandene Schlacke verbleibt entweder in der Grube unter dem Schacht, oder wird herausgenommen und zerschlagen, um das noch in ihr enthaltene Eisen zu gewinnen.

Während der Verhüttung wird das Erz unter Einwirkung des Kohlenstoffs der Holzkohle zu Eisen reduziert. Das bei der Verbrennung von Holzkohle im Ofen entstehende Kohlenmonoxid (CO) verbindet sich mit dem Sauerstoff (O₂) des im Erz enthaltenen Eisenoxids (Fe₂O₃) zu Kohlendioxid (CO₂). Dabei wird das Eisenoxid Hämatit (Fe₂O₃) zunächst zu Magnetit (Fe₃O₄) reduziert. Dies geschieht bereits bei Temperaturen unter 570°C. Sobald 570°C erreicht sind, erfolgt die Reduktion von Magnetit zu Wüstit (FeO). Dieses wird bei etwa 650-900°C weiter zu Eisen (Fe) reduziert. Das so entstandene Eisen kann nun mehr oder weniger stark mit Kohlenstoff angereichert werden (Schürmann 1958, 1297 u. 1301).⁵ Die Reduktion des Eisenoxids durch das Gas Kohlenmonoxid wird als *indirekte Reduktion* bezeichnet. Unter *direkter Reduktion* wird hingegen die Freisetzung von Eisen durch die Reaktion des Kohlenstoffs (C) der glühenden Holzkohle mit dem Sauerstoff des Eisenoxids verstanden.⁶

Eisenerz besteht aber nicht nur aus Eisenoxiden, sondern es enthält - je nach Erzart - weitere Bestandteile, so beispielsweise Silikate (SiO₂), Phosphor (P), Mangan (Mn) und andere chemische Elemente in oxidischer Form. Diese Bestandteile werden als *Gangart* bezeichnet. Während der Verhüttung schmilzt die Gangart bei Temperaturen von mindestens 1100°C, und es entsteht Schlacke. Analysen von archäologischen Schlackenfundstücken haben gezeigt, daß diese bei etwa 1000°C bis 1400°C geschmolzen waren.⁷ Reines Eisen schmilzt im Gegensatz zu Eisen-Kohlenstoff-Legierungen erst bei etwa 1540°C. Eine Legierung mit 4,3% Kohlenstoff kann bereits bei 1150°C schmelzen; beträgt der Kohlenstoffanteil nur 1,7%, so schmilzt dieses Eisen bei etwa 1400°C.⁸ Obwohl hoch aufgekohltes Eisen also auch im Rennfeuerungsverfahren verflüssigt werden kann, entsteht nicht etwa ein flüssiges, von Schlacke und Holzkohle gereinigtes Produkt, wie dies im neuzeitlichen Hochofenverfahren der Fall ist.⁹ Es wird vielmehr ein als *Luppe* oder *Eisenschwamm* bezeichnetes Konglomerat aus Eisen, Schlacke und

Holzkohle gebildet. Dabei ist das Eisen normalerweise sehr ungleichmäßig mit Kohlenstoff angereichert.

Ob eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung als *Stahl* oder *Roheisen* anzusprechen ist, wird durch die Höhe des Kohlenstoffanteils bestimmt. Nach gültiger Norm (DIN 1600) ist Stahl jede Eisenlegierung, die ohne Nachbehandlung schmiedbar ist. Die Grenze der Schmiedbarkeit liegt etwa bei 2% Kohlenstoff (W. Domke 1982, 84). Eisenlegierungen mit mehr als 2% Kohlenstoff werden als *Roheisen* bezeichnet. Der veraltete Begriff *Schmiedeeisen* ist hingegen nicht eindeutig definiert und in der metallurgischen Fachsprache nicht mehr gebräuchlich.

Der Kohlenstoffgehalt kann sowohl durch eine chemische Analyse der Bestandteile des Eisens als auch anhand von *Schliffbildern* (fotografische Gefügebildungen) ermittelt werden. Auf Schliffbildern ist die spezifische Anordnung von Eisen und Kohlenstoff ersichtlich.¹⁰ Gefügebildungen ermöglichen aber nicht nur Angaben zum Kohlenstoffgehalt, sondern auch zu den angewandten Schmiedetechniken. Aufgrund des Gefüges kann beispielsweise auch erkannt werden, ob das glühende Eisen in Wasser abgeschreckt wurde. Es handelt sich hierbei also um ein Analyseverfahren, mit dem wichtige Erkenntnisse sowohl zu den Eigenschaften von Rennfeueisern aus Verhüttungsversuchen als auch zu archäologischen Eisenfunden gewonnen werden können.

Versuchsdurchführung und Dokumentation

Für den Ablauf der Reduktion der im Erz enthaltenen Eisenoxide sind die Temperatur und das Reduktionsmittel Kohlenstoff im festen und gasförmigen Zustand von wesentlicher Bedeutung. Sowohl die Temperatur im Ofen als auch die Anteile von Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂) im Gas sind von der Menge des verfügbaren Sauerstoffs abhängig. Dieser wird dem Ofen entweder mit der Gebläse-

luft oder durch natürliche Luftströmung zugeführt. Neben Temperatur, Gaszusammensetzung und Luftvolumen können auch Qualität und Quantität der eingegebenen Materialien (Erz, Holzkohle) einen Einfluß auf den Verhüttungsvorgang sowie auf die Eigenschaften des Eisens haben.

Die Erfassung der Temperatur, der zugeführten Luftmenge und der Gasentwicklung ist für das Verständnis der chemischen Vorgänge während eines Verhüttungsversuches von größter Bedeutung. Technische Schwierigkeiten und fehlendes Instrumentarium dürften dafür verantwortlich sein, daß entsprechend umfassende Messungen bis heute kaum durchgeführt worden sind.

Temperaturverteilung und Belüftung

In seiner bedeutenden Studie zum Einfluß der Temperatur auf die Reduktion des Erzes, auf den Schlackefluß und auf die Anreicherung des Eisens mit Kohlenstoff kritisierte E.Tholander die bisherigen Temperaturmessungen in Rennfeueröfen.¹¹ Bei seinen eigenen Versuchen führte er umfangreiche Messungen durch. Die Temperaturerfassung erfolgte im niedrigen Schachtofen (Höhe 1 m, Innendurchmesser 0,4 m), im hohen Schachtofen (Höhe 2,2 m, Innendurchmesser 0,4 m) und im Grubenofen (max. Tiefe 0,18 m, max. Innendurchmesser 0,4 m).¹² Die Temperaturen wurden zu verschiedenen Zeiten, in mehreren Höhen und in unterschiedlichen Abständen von der Schacht- bzw. Grubeninnenwand gemessen. Tholander hat die so erfaßte Temperaturverteilung in schematischen Darstellungen wiedergegeben.¹³ Daraus ist ersichtlich, daß die Temperaturen in allen Ofentypen sowohl in der Senkrechten als auch in der Waagerechten mit zunehmender Entfernung von der Düse abnehmen. Dabei können die Temperaturen in derselben Ofenhöhe um mehrere Hundert Grad voneinander abweichen. Dies bedeutet, daß die bei Versuchen mit einer geringen Anzahl an eingebauten Thermoelementen (Temperaturmeßfühler) gemessenen Tem-

peraturen mit großer Zurückhaltung zu bewerten sind.

Besonders bemerkenswert ist die Höhe der Temperatur, die zumindest punktuell 1500°C übersteigen kann.¹⁴ Daß diese unter Laborbedingungen mit Druckluft erzeugten Temperaturen durchaus auch bei der Verwendung traditioneller Blasebälge zu erwarten sind, zeigt ein Vergleich der Leistung entsprechender Blasebälge mit den Werten verschiedener Versuche (Tab.1). Tholander hat seine Versuche in drei verschiedenen Ofentypen durchgeführt. Die Versuche im Grubenofen erfolgten mit einer und mit zwei Düsen.¹⁵ Dem niedrigen Schachtofen wurde ebenso wie dem hohen nur durch eine Düse Luft zugeführt. Entsprechende Messungen in Schachtofen mit mehreren Düsen und in Schachtofen mit natürlicher Luftzufuhr hat Tholander hingegen nicht durchgeführt. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Die Daten variieren mit einer Ausnahme zwischen 100 und < 450 l/min.¹⁶ Der Wert von 600l/min gilt für den 2,2m hohen Schachtofen von Tholander. Der von R.F.Tylecote angegebene Wert von 240l/min bei natürlicher Luftzufuhr wurde aufgrund eines Vergleiches mit bekannten Werten geschätzt.¹⁷ Bei Tests mit traditionellen Blasebälgen wurden Werte ermittelt, die zwischen 127 und 339 l/min variierten.¹⁸ Es wurden Schlauchblasebälge mit einem Volumen von etwa 5 Liter getestet. Aus diesen Daten ist ersichtlich, daß die bei einigen Versuchen eingesetzten Gebläse durchaus der Leistung von traditionellen Blasebälgen entsprechen. Bei den Versuchen Tholanders (s. o.) wurden mit ähnlich großen Luftmengen Temperaturen von mehr als 1500°C erreicht. Daraus kann gefolgert werden, daß ebenso hohe Temperaturen auch bei vor- und frühgeschichtlichen Verhüttungsprozessen erreicht worden sein können, vorausgesetzt, die europäischen Blasebälge entsprachen den getesteten afrikanischen Blasebälgen.¹⁹ Die Luftmenge wurde bei Tholanders Versuchen mit zwei „Rotametern“ (Luftdurchflußmesser), die zwischen Zuluftschlauch

und Tuyère eingebaut waren, gemessen. Der gleichmäßige Luftstrom konnte in kurzen Zeitabständen durch ein Ventil unterbrochen werden, um so den pulsierenden Luftstrom eines Blasebalgpaars nachzuahmen (ebd. 60).

Ein vergleichender Test der Leistung verschiedener aus ethnographischen Berichten bekannter Blasebalgtypen wurde bisher nicht durchgeführt, so daß keine weiteren Meßwerte vorliegen.

a.) Gasanalyse

Das Verhältnis von CO zu CO₂ im Gas ist für die erfolgreiche Reduktion von Eisenoxiden zu metallischem Eisen entscheidend. Der Reduktionsverlauf ist auch von der herrschenden Temperatur abhängig. So muß beispielsweise bei einer Temperatur von 1200°C das Verhältnis von CO zu CO₂ mindestens 4:1 betragen, um eine Reduktion von FeO zu Fe zu ermöglichen.²⁰ Bei geringerem CO-Anteil würde eine Gleichgewichtsreaktion vorherrschen, d.h. Fe würde zu FeO reoxidieren. Wenn bei Versuchen sowohl das CO/CO₂-Verhältnis im Gas als auch die Temperatur an möglichst vielen Stellen im Ofen gemessen wird, ist es möglich, zu beurteilen, ob die Bedingungen für eine erfolgreiche Verhüttung geschaffen wurden. Gegebenenfalls könnten die Reduktionsbedingungen durch das Volumen der zugeführten Luft und die Zahl der Holzkohleeingaben gezielt beeinflusst werden. Derartige Messungen sind also nicht nur für die Dokumentation der Reduktionsbedingungen, sondern auch für die Steuerung des Verhüttungsprozesses von Bedeutung. Im allgemeinen wurde bei Versuchen bisher auf die Gasanalyse verzichtet. Die chemischen Voraussetzungen der Reduktion blieben folglich weitgehend unbekannt.

Folgendes Beispiel veranschaulicht den Nutzen von Gasanalysen. Während eines Versuches („Smelt No.9“) von Tholander (ebd. 109 ff.) wurden zu verschiedenen Zeiten und in mehreren Ofenhöhen Ga-

sproben genommen. Durch die Analyse des Gases konnte erkannt werden, daß auch noch zu einem Zeitpunkt, als bereits kein Erz mehr in den Ofen eingegeben wurde, Bedingungen vorherrschten, die die Reduktion weiterer Erzmengen ermöglicht hätten. Aus dieser Beobachtung hat Tholander (ebd. 113) gefolgert, daß der Gewichtsunterschied zwischen den eingegebenen Mengen von Holzkohle und Erz bei diesem Versuch unnötig groß gewesen ist. Er kam aufgrund der Gasanalyse zu dem Ergebnis, daß es auch bei einem sparsameren Umgang mit dem Brennmaterial Holzkohle möglich gewesen wäre, die gleiche Erzmenge zu verhütten. Ob ein geringerer Holzkohleanteil eine niedrigere Aufkohlung des Eisens und somit einen Qualitätsunterschied bewirkt hätte, ist allerdings nicht sicher. Weitere Versuche mit weniger Holzkohle bei ansonsten unveränderten Bedingungen wären notwendig gewesen, um diese Frage zu beantworten. Auch neuere Versuche haben gezeigt, daß die Holzkohlemenge bei gleichbleibender Eisenaubeute deutlich reduziert werden kann.²¹

b.) Bewertung

Durch umfangreiche Temperaturmessungen bei einigen Versuchen konnte gezeigt werden, daß sowohl in Schachtöfen als auch in Grubenöfen durchaus beträchtliche, kleinräumige Temperaturunterschiede vorhanden sind. Deshalb ist es leicht verständlich, daß das Eisen - ebenso wie das archäologische Luppenfunde auch²² - sehr ungleichmäßig aufgekohlt ist und stellenweise sogar geschmolzen sein kann.²³ Wenn neben umfangreichen Temperaturmessungen auch *Analysen der Ofengase* durchgeführt werden, ist es möglich, die Reduktionsbedingungen zu kontrollieren. Bei Bedarf können diese, z. B. durch größere Holzkohlemengen oder verstärkte Luftzufuhr, gezielt beeinflusst werden. Wird das *Luftvolumen* ebenfalls ermittelt, so können die gemessenen Werte mit den bekannten Daten traditioneller Blasebälge verglichen werden. Außerdem sind nur

dann die bei verschiedenen Versuchen herrschenden Bedingungen nachvollziehbar.

Die notwendige technische Ausrüstung wird nicht immer verfügbar sein, dennoch sollte grundsätzlich bei jedem Versuch eine möglichst umfassende Kontrolle der für den Reduktionsverlauf wichtigen Faktoren Gas, Temperatur und Belüftung angestrebt werden. Die systematische Überprüfung des Einflusses von Luftzufuhr, Temperatur und Gasmilieu auf den Erfolg der Verhüttung wird großen Versuchsreihen unter Laborbedingungen vorbehalten bleiben müssen.

2. Probleme einer vergleichenden Auswertung quantitativer Daten

Vorbemerkungen

Bei der Aufnahme der Versuchsdaten wurden alle zahlenmäßig erfaßbaren Angaben zur Menge der verbrauchten Rohstoffe (Erz, Holz, Holzkohle), zu deren Mengenverhältnis (Beschickungsverhältnis), zum Faktor Zeit (Versuchsdauer) sowie zur Menge der Produkte (Luppe, Eisen, Schlacke) berücksichtigt.²⁴

Es wird zwischen Schachtöfen (A), Grubenöfen (B) und Kuppelöfen (C) unterschieden. Diese Unterscheidung geht von der Annahme aus, daß die Verhüttungen in den verschiedenen Ofengattungen unterschiedlichen Bedingungen und Regeln folgen könnten. Die Differenzierung zwischen Schachtöfen und Kuppelöfen erfolgt nicht nach der äußeren Gestalt, sondern nach der Form des Ofeninnenraumes. Ein Ofen mit senkrechten oder schrägen Innenwänden wird folglich auch dann als Schachtofen angesprochen, wenn er eine äußere kuppelförmige Gestalt hat. Die Höhe der Ofenschächte kann sehr unterschiedlich sein. Sie variiert bei den Versuchsofen zwischen etwa 30 cm und 2,2 m, liegt im allgemeinen aber etwa bei 100±30 cm. Grubenöfen haben im Gegensatz zu Schacht- und Kuppelöfen keinen oberirdischen Aufbau.

Ein zweites Kriterium zur Differenzierung der Öfen ist die Art der Luftzufuhr. Hier wurde zwischen natürlicher Luftzufuhr (I) ohne technische Hilfsmittel und künstlicher Luftzufuhr (II) durch Blasebälge, Druckluft oder ähnlichem differenziert. Des weiteren wird zwischen Öfen ohne Schlackeabstich (a) und Öfen mit Schlackeabstich (b) unterschieden. Nach dieser Systematik bezeichnet die Kennung Allb also einen Schachtofen mit künstlicher Luftzufuhr und Schlackeabstich.²⁵

Begriffsbestimmungen

a.) Vorheizphase

Diese erste Betriebsphase beginnt mit dem Entzünden von Brennmaterial (Stroh, Reisig, Holz, Holzkohle) im Ofen und endet mit dem Beginn der Beschickungsphase.

b.) Beschickungsphase

Die Beschickungsphase beginnt, wenn das erste Erz in den Ofen gefüllt wird und endet, nachdem das letzte Erz eingegeben wurde.

c.) Nachheizphase

Diese letzte Betriebsphase folgt unmittelbar auf die Beschickungsphase und endet mit dem Freilegen der Luppe. Diese Definition schließt folgende Möglichkeiten ein:

- Es wird weiter Holzkohle eingegeben; die Belüftungsbedingungen bleiben unverändert.
- Es wird weiter Holzkohle eingegeben; die Belüftungsbedingungen werden verändert.
- Es wird keine weitere Holzkohle eingegeben; die Belüftungsbedingungen bleiben unverändert.
- Es wird keine weitere Holzkohle eingegeben; die Belüftungsbedingungen werden verändert.

Als „Veränderung der Belüftungsbedingungen“ wird hier das Ausschalten des Gebläses bei Öfen mit künstlicher Luftzufuhr so-

wie das Verschließen der Luftlöcher bei Öfen mit natürlicher Luftzufuhr bezeichnet.

War es nicht möglich, den Beginn oder das Ende der Nachheizphase eines Versuches entsprechend der oben genannten Definition zu bestimmen, so wurde die in der jeweiligen Publikation genannte Dauer der Nachheizphase in die Tabellen übernommen und in Klammern angegeben.

d.) Beschickungsverhältnis

Das Beschickungsverhältnis beschreibt das Gewichtsverhältnis der Rohstoffe Erz und Holzkohle, die während der Beschickungsphase gemäß obiger Definition in den Ofen eingegeben wurden. Wenn es möglich war, das Beschickungsverhältnis definitionsgemäß zu berechnen, steht der Wert ohne Klammern in den Tabellen. Konnte das Beschickungsverhältnis jedoch nicht so berechnet werden, wie es die Definition erfordert, so wurde das in den Publikationen genannte Beschickungsverhältnis übernommen oder anhand der Menge der verbrauchten Rohstoffe berechnet und in Klammern gesetzt. In diesen Fällen bleibt unklar, ob Holzkohle zur Beschickung gezählt wurde, obwohl sie bereits vor dem ersten Erz in den Ofen gefüllt worden ist. Ebenso ist es möglich, daß das letzte Erz mit einer oder mehreren Holzkohleeingaben abgedeckt und diese Holzkohlemenge in die Berechnung des Beschickungsverhältnisses miteinbezogen wurden. Es ist auch möglich, daß bei einigen Versuchen die Summe der während der Verhüttung verbrauchten Holzkohle bei der Berechnung des Beschickungsverhältnisses eingesetzt wurde.

e.) Eisen

In der Spalte „Eisen“ sind sowohl Daten zum Gewicht der Luppe²⁶ als auch zum Gewicht des reduzierten Eisens enthalten. Hierzu zählen sowohl in der Luppe enthaltenes Eisen als auch Eisenanreicherungen in der Schlacke. Um diese Angaben zu unterscheiden, wird das Luppengewicht in den Tabellen eingeklammert.

Die genannten Schwierigkeiten bei der Berechnung der Grunddaten der Versuche zeigen, daß ein Großteil der in den Publikationen genannten Daten für eine vergleichende Versuchsauswertung gar nicht oder zumindest nur eingeschränkt geeignet ist. Es deuten sich hier bereits elementare Probleme an, die am Beispiel der Ausbeuteberechnung noch offensichtlicher werden.

f.) Ausbeute

Mit Ausbeute ist der Gewinn an Eisen gemeint. Die Ausbeute eines Versuches kann als absolute Ausbeute (in kg) und als prozentuale Ausbeute angegeben werden. Folgende Formel ermöglicht die Berechnung der prozentualen Ausbeute eines Versuches:

Formel A:

$$(Fe_{Luppe} : Fe_{Erz}) \times 100$$

Der Eisengehalt der Luppe wird als „Fe_{Luppe}“, der Eisengehalt des Erzes als „Fe_{Erz}“ bezeichnet. Um die prozentuale Ausbeute mit dieser Formel zu berechnen, muß erstens das Gewicht des eingegebenen Erzes, zweitens das Gewicht des im Erz enthaltenen Eisens²⁷ und drittens das Gewicht des in der Luppe enthaltenen Eisens bekannt sein.

Um das Gesamtgewicht des im Erz enthaltenen Eisens stöchiometrisch zu berechnen, ist eine repräsentative Erzanalyse notwendig: Wenn geröstetes Erz verhüttet wurde, sollte eine entsprechend geröstete Erzprobe analysiert werden; wurde ungeröstetes Erz verwendet, so sollte ungeröstetes Erz analysiert werden. Da während des Röstens das im Erz enthaltene Wasser verdunstet, der Anteil der organischen Substanz verbrennt und feinkörnige Bestandteile verlorengehen, erhöht sich der prozentuale Anteil der Eisenoxide am Gesamtgewicht des Erzes während des Röstens. Eine bestimmte Menge Erz hat also im gerösteten Zustand einen höheren Eisenoxidanteil als eine entsprechende Menge ungerösteten Erzes. Wenn die Ausbeute

berechnet wird, ohne diese Tatsache zu berücksichtigen - und der Eisengehalt des ungerösteten Erzes als Variable in die Formel eingesetzt wird, obwohl geröstetes Erz eingegeben wurde -, ist die berechnete Ausbeute größer als die tatsächliche Ausbeute.

Das folgende Beispiel einer stöchiometrischen Berechnung ergänzt die vorstehenden Ausführungen: Für einen fiktiven Versuch wird angenommen, daß ungeröstetes Erz beschickt und analysiert wurde. Der Anteil der Eisenoxide im Erz betrage 10 % FeO und 50 % Fe₂O₃. Die verhüttete Erzmengemenge wird mit 100kg festgesetzt. Das Gewicht der produzierten Luppe betrage 22 kg. Der Fe-Gehalt der Luppe wird mit 15 kg angenommen. Das Molekulargewicht von Fe beträgt 55,8, das von O 16,0. Mit diesen Daten kann das Gewicht des im Erz enthaltenen Fe folgendermaßen berechnet werden:

- I. Berechnung des absoluten Gewichts der im Erz enthaltenen Eisenoxide.
Summe des beschickten Erzes: 100 kg = 100 %
Anteil von FeO im Erz: 10 % = 10 kg
Anteil von Fe₂O₃ im Erz: 50 % = 50 kg
- II. Berechnung des FeO-Molekulargewichtes.
Fe = 55,8
O = 16,0
FeO = 55,8 + 16,0 = 71,8
- III. Berechnung des prozentualen Anteils der Elemente Fe und O in FeO.
FeO = 71,8 = 100 %
Fe = 55,8 = 77,7 %
O = 16,0 = 22,3 %
- IV. Berechnung des Fe₂O₃-Molekulargewichtes.
Fe = 2 x 55,8 = 111,6
O = 3 x 16,0 = 48,0
Fe₂O₃ = 111,6 + 48,0 = 159,6
- V. Berechnung des prozentualen Anteils der Elemente Fe und O in Fe₂O₃.
Fe₂O₃ = 159,6 = 100 %
Fe = 111,6 = 69,9 %
O = 48,0 = 30,1 %
- VI. Berechnung der absoluten Menge Fe im Erz.
a) Die verhüttete Erzmengemenge (100 kg) enthält 10 % FeO (= 10 kg).
b) Die 10 kg FeO enthalten 77,7 % Fe (= 7,77 kg).
c) Die verhüttete Erzmengemenge (100 kg) enthält 50,0 % Fe₂O₃(= 50 kg).

- d) Die 50 kg Fe₂O₃ enthalten 69,9 % Fe (= 34,95 kg).
- e) Die Summe des in der verhütteten Erzmengemenge (100 kg) enthaltenen Fe beträgt: 7,77 + 34,95 = 42,72 kg.

VII. Die Berechnung der Ausbeute nach Formel A ist nun möglich:
(15:42,72) x 100 = 35,1 %

Der Fe-Gehalt der Luppe entspricht bei diesem Beispiel folglich 35,1% des im Erz enthaltenen Fe. Anders gesagt: 35,1% des im Erz gebundenen Eisens (Fe) wurden freigesetzt.

Sind die Bedingungen für eine Berechnung der Ausbeute nach Formel A (siehe oben) nicht erfüllt, so kann die prozentuale Ausbeute mit den Formeln B, C oder D berechnet werden.

Formel B:

$$(Luppe : Fe_{Erz}) \times 100$$

Formel C:

$$(Fe_{Luppe} : Erz) \times 100$$

Formel D:

$$(Luppe : Erz) \times 100$$

Bei Anwendung dieser Formeln gelten folgende Einschränkungen: Wurde bei Versuchen stets das gleiche Erz verwendet und die Ausbeute mit Formel C berechnet, so können die Werte durchaus miteinander verglichen werden. Ein Vergleich mit anderen Versuchen ist hingegen kritisch, wenn bei diesen eine andere Erzart verwendet wurde. Wurden die Ausbeuten mit der Formel B berechnet, so ist es nicht sinnvoll, die Ergebnisse miteinander zu vergleichen. Der Eisengehalt der Luppen könnte durchaus unterschiedlich sein. Das gilt ebenso, wenn die Ausbeute mit Formel D ermittelt wurde. Bei Formel D ist außerdem der Eisengehalt des Erzes unbekannt.

Berechnet man die prozentuale Ausbeute des oben genannten fiktiven Versuchs mit den vier Formeln, so zeigt sich sehr deutlich, wie stark die Ergebnisse voneinander abweichen:

$$A: 35,1\% \quad B: 51,4\% \quad C: 15,0\% \quad D: 22,0\%$$

| X | Y | r | \bar{x} X | s X | \bar{x} Y | s Y | n | Bedingungen |
|-----------|----------|--------|-------------|--------|-------------|--------|----|---------------|
| Erz | Schlacke | 1.7464 | 85.59 | 106.41 | 40.22 | 51.18 | 58 | Erz; Schlacke |
| Holzkohle | Schlacke | 2.7318 | 174.43 | 251.02 | 40.22 | 51.18 | 58 | HK; Schlacke |
| Luppe | Schlacke | 0.1836 | 20.95 | 39.89 | 38.44 | 46.25 | 38 | keine |
| Eisen | Schlacke | 0.1320 | 5.34 | 25.72 | 52.79 | 190.58 | 45 | keine |

Will man den Erfolg von Versuchen bezüglich der Eisenausbeute sinnvoll vergleichen, so müssen folglich alle Ausbeuten nach Formel A berechnet werden. Das entscheidende Vergleichskriterium ist also die nach Formel A berechnete prozentuale Ausbeute. Die absolute Ausbeute (in g oder kg) ist als Vergleichswert ungeeignet. Auf der Grundlage der Daten bisher durchgeführter und veröffentlichter Versuche ist es nur in einem gänzlich unbefriedigenden Maße möglich, diesen Anforderungen zu entsprechen. Häufig fehlen die notwendigen Grundlagen. Dies beruht zum Teil auf ungenauen Angaben in den Publikationen, aber auch auf dem Fehlen naturwissenschaftlicher bzw. metallurgischer Untersuchungen.

3. Datenauswertung: Regressionsanalysen und Modellrechnung

Im folgenden soll versucht werden, ein Rechenmodell zu erarbeiten, mit dem - ausgehend vom Gewicht der Schlacke in einem Verhüttungssofen-Befund - die während eines Verhüttungsprozesses verbrauchten Mengen an Rohstoffen (Erz, Holzkohle) sowie die Menge des gewonnenen Eisens geschätzt werden können. Als empirische Basis einer derartigen Modellrechnung dienen die Daten von 62 Versuchen, bei denen sowohl das Schlackegewicht als auch mindestens eine weitere der relevanten Größen bekannt ist (Tab. VIII)²⁸. Bei der Ermittlung des Regressionskoeffizienten (r) für den Holzkohleverbrauch werden Versuche nur dann berücksichtigt, wenn der Holzkohleeinsatz für alle drei Betriebsphasen bekannt ist. Als methodische Grundlage dienen Regressionsanalysen, die die statistische Abhängigkeit jeweils zweier Merkmale (X,Y) aufzeigen. Der Re-

gressionskoeffizient (r), das arithmetische Mittel (\bar{x}), die Standardabweichung (s) sowie die Anzahl der ausgewerteten Versuche (n) sind in folgender Tabelle dargestellt. Teilweise wurden Bedingungen eingegeben, um Extremwerte aus der Berechnung auszuschließen.

Auf der Grundlage der ermittelten Regressionskoeffizienten können Erwartungswerte für den Rohstoffverbrauch (Erz, Holzkohle) und für die Produktmengen (Luppe, Eisen) berechnet werden, sofern das Gewicht der angefallenen Schlacke bekannt ist. Legt man für einen fiktiven Verhüttungssofen-Befund 50 kg Schlacke zugrunde, so ergibt die Berechnung ($X=Y*r$) der unbekannteren Materialien folgende Erwartungswerte:

| | |
|---------------------------|----------------------|
| bekannter Wert Schlacke | 50 kg |
| erwarteter Wert Holzkohle | $50*2.7318 = 136$ kg |
| erwarteter Wert Erz | $50*1.7464 = 87$ kg |
| erwarteter Wert Luppe | $50*0.1836 = 9$ kg |
| erwarteter Wert Eisen | $50*0.1320 = 6$ kg |

Daß diese Werte die tatsächliche Größenordnung nur annähernd wiedergeben können, ergibt sich bereits aus der Kenngröße für die Streuung der Daten (Standardabweichung). Diese Streuung dürfte hauptsächlich auf unterschiedlichen Erfassungsgenauigkeiten seitens der Versuchsdurchführenden beruhen.²⁹ Sie spiegelt aber auch die Unterschiede zwischen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Versuchen. Besonders kritisch ist das Verhältnis von Eisen und Schlacke zu beurteilen. Der hier angegebene Regressionskoeffizient 0.1320 berücksichtigt auch einen Extremwert. Bliebe dieser unberücksichtigt, so ergäbe sich ein Regressionskoeffizient von 0.0088 und folglich ein Erwartungswert für Eisen von 0.44 kg, der weit unter dem oben angegebenen Wert von 6 kg liegt.

Die Eisenerzeugnisse

Versucht man, einen Überblick über die experimentell gewonnenen Eisenerzeugnisse und ihre jeweiligen Eigenschaften zu bekommen, so zeigt sich zunächst eine verwirrende Vielfalt an Bezeichnungen:

Einige Verfasser unterscheiden bewußt zwischen den Begriffen „Luppe“ und „Schwamm“, um vermeintlich unterschiedliche Produkte zu differenzieren.⁴⁷ Andere Autoren verwenden die Begriffe synonym.⁴⁸ Oft werden beide Begriffe miteinander verknüpft:

- teigige Luppe⁴⁹
- schwammiger, locker zusammenhängender Eisenkörper⁵⁰
- schwammartige Luppe⁵¹
- schwammartige Eisenluppe⁵²
- a porous lump or 'bloom'⁵³
- schwammiger Klumpen⁵⁴
- spongy bloom⁵⁵
- spongy iron⁵⁶
- spongy mass⁵⁷

Selbst gängige Nachschlagewerke und Handbücher zur Eisenhüttenkunde enthalten keine allgemein verbindliche Bestimmung der Begriffe *Eisenschwamm* und *Luppe*. Im „Taschenbuch für Eisenhüttenleute“ (1961, 593ff.) wird zwischen „festem Eisen (Eisenschwamm)“ und „teigigem Eisen (Luppeneisen)“ unterschieden. Im neuzeitlichen Krupp-Rennverfahren entsteht sowohl Eisenschwamm (Zwischenerzeug-

nis) als auch Luppe (Enderzeugnis): In der „Reduktionszone“ eines Drehrohrofens⁵⁸ von bis zu 110 m Länge und 4,6 m Innendurchmesser wird ein mit Gangart durchsetzter Eisenschwamm gebildet. In der „Luppzone“ schmilzt die Gangart bei etwa 1100°C und fließt als Schlacke aus den Poren des Eisenschwamms heraus. Das verbleibende „Eisenskelett“ schweißt zu einer Luppe zusammen. Der entscheidende Unterschied zwischen Eisenschwamm und Luppe besteht demnach in der Höhe des Gangartanteiles: Eisenschwamm ist ein Produkt mit hohen Anteilen an Gangart, Luppe enthält hingegen nur geringe Mengen an Gangart. Darüber hinaus sind die Eisenanteile einer Luppe stärker miteinander verschweißt als die Eisenanteile eines Eisenschwamms.

Manche Verfasser entlehnen die zentralen Begriffe „Luppe“ und „Eisenschwamm“ der neuzeitlichen eisenhüttenkundlichen Fachsprache, um damit angeblich verschiedenartige Erzeugnisse der frühen Eisenerzverhüttung zu bezeichnen. Andere Autoren verwenden die Begriffe synonym. Es mangelt hier also an einer verbindlichen Nomenklatur.

Erscheinungsformen: Eisen - Eisenschwamm - Luppe

Es gilt nun zu prüfen, ob die Auffassung, es könne zwischen Luppe und Eisenschwamm unterschieden werden, durch die Versuchsergebnisse bestätigt werden

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Schwamm: | Luppe: |
| - Eisenschwamm ³⁰ | - Schlackenluppe ³¹ |
| - Metallschwamm ³³ | - Eisenluppe ³⁴ |
| - iron sponge ³⁶ | - bloom of iron ³⁷ |
| - sponge of metal ³⁹ | - iron bloom ⁴⁰ |
| - metallic sponge ⁴¹ | - loupe ⁴² |
| - sponge-iron ⁴³ | - Rennluppe ⁴⁴ |
| - éponge de fer ⁴⁵ | |
| - éponges métalliques ⁴⁶ | |

- Sonstige:
- Eisenkuchen³²
 - Eisenschlackenkuchen³⁵
 - Rohluppe³⁶

kann. Zunächst soll eine zusammenfassende Darstellung entsprechender in der Literatur zu findender Ausführungen erfolgen.

a.) Eisen aus Gruben- und Schachtöfen im Vergleich

Cleere (1971, 205) unterscheidet das Erzeugnis aus Grubenöfen von dem Produkt aus Schachtöfen. Er ist der Ansicht, daß in Grubenöfen kleine Klumpen reduzierten Metalles entstehen und in eine Schlackemasse eingebettet sind. Das Metall müsse mit der Hand von der Schlacke getrennt werden, um es dann zu einer Luppe („bloom“) aus verdichtetem Eisen aufzuarbeiten.⁵⁹ Cleere bezeichnet mit dem Begriff „*bowl-furnace*“ Grubenöfen ohne Schlackeabstich. Die Möglichkeit, entstehende Schlacke entweder in eine Grube unter dem Ofen fließen zu lassen oder durch eine dafür vorgesehene Öffnung aus dem Ofen herauszuleiten, sei der entscheidende Vorteil von Schachtöfen im allgemeinen.⁶⁰ Bei dem Produkt aus Schachtöfen handele es sich um eine schwammige Eisenluppe („spongy 'bloom' of iron“). Dieses Produkt müsse dem Ofen nur noch entnommen werden, um es durch wiederholtes Aufheizen und Hämmern zu verdichten und die restliche eingeschlossene Schlacke auszutreiben.

Der Unterschied zwischen dem Erzeugnis von Grubenöfen einerseits und Schachtöfen andererseits bestehe folglich darin, daß das Eisen aus Grubenöfen nachträglich von der umgebenden Schlackemasse getrennt werden müsse. In Schachtöfen hingegen erfolge diese Trennung bereits während des Verhüttungsvorganges durch das Abfließen der Schlacke.

b.) Eisen aus Schachtöfen mit oder ohne Schlackeabstich im Vergleich

Mehrfach wurde behauptet, es bestünden grundsätzliche Unterschiede zwischen dem Produkt von Schachtöfen mit Schlackeabstich und Schachtöfen ohne Schlackeabstich.

So waren Bartuska und Pleiner⁶¹ der Ansicht, der „Eisenschwamm“ bilde bei Schachtöfen ohne Schlackeabstich ein „brückenähnliches Gebilde“ unterhalb der Düse. Die Schlacke sickere „durch die Poren dieses Schwammes in den Herd [d.h. in die Schlackengrube unter dem Schacht] auf eine Holzkohleschicht“. Bei Schachtöfen mit Schlackeabstich hingegen werde ein „Großteil“ der Schlacke aus dem Ofen geleitet. Der Eisenschwamm gerate in den Herd und bilde dort ein „etwas kompakteres Stück, die sogenannte Eisenluppe“. Die Luppe sei aber dennoch „recht porös“. Im Gegensatz zum Eisenschwamm enthalte die Luppe „viele von Schlacken erfüllte Kavernen“ und sei „von Schlackenschichten durchsetzt“.⁶² Das Erzeugnis der Schachtöfen mit Schlackeabstich (Luppe) müsse „in mühseliger Arbeit ausgeheizt und weiter ausgeschmiedet“ werden. Wie das Produkt der Schachtöfen ohne Schlackeabstich (Eisenschwamm) aufzuarbeiten ist, wird nicht gesagt.

Osann⁶³ unterschied zwischen „Rennluppe“ und „Eisenschwamm“. Die Rennluppe entstehe beim „Rennbetrieb mit seitlichem Schlackenabstich“ und sammle sich „an der tiefsten Stelle des Rennfeuers oder Rennofens, also unter der Schlacke“ an. Er begründete diese Behauptung allerdings nicht. Ein „Rennfeuer“ besteht nach Osann (ebd. 6) „aus einem Herd oder einer Grube; es kann nur mit künstlichem Wind betrieben werden“. Ob diese Definition auch „Rennfeuer“ mit seitlichem Schlackenabstich einschließt, bleibt unklar. Ein „Rennofen“ hat hingegen „mindestens den Ansatz eines Schachtes“ und kann mit „natürlichem Zug oder mit künstlichem Wind“ betrieben werden (ebd.). Der „Eisenschwamm“ sei das Produkt von „Rennöfen mit in den Boden eingetiefter Schlackengrube unter dem Ofen“. Im Gegensatz zu Schachtöfen mit Schlackeabstich scheidet sich das Eisen in Schachtöfen ohne Schlackeabstich „in Form von Eisenschwamm oberhalb der Schlacke“ ab.⁶⁴ Als Ursache nennt Osann hierfür erstens den „lockeren Zustand“ und zweitens die „geringe Wichte“ des Eisenschwammes.

Diese Erklärung widerspricht den Ausführungen von Bartuska und Pleiner. Jene deuten den Aufbau des Eisenschwammes als Folge, nicht als Ursache seiner Positionierung im Ofen. Luppe und Eisenschwamm unterscheidet Osann (ebd. 134 f.) folgendermaßen: „Die Rennluppe enthält immer Schlackeneinschlüsse, deren Anteil zweifellos sehr unterschiedlich ist.“ - „Den Eisenschwamm aber wird man sich als lockeres Produkt vorzustellen haben, das viel Schlacke und außerdem Hohlräume enthält“. Die Luppe sei, da sie ein „kompakteres Erzeugnis“ darstelle, „mit weniger Aufwand zum Fertigerzeugnis zu verarbeiten als der Eisenschwamm“.

Die Aussagen von Bartuska und Pleiner sowie Osann zum Unterschied von Luppe und Eisenschwamm zusammenfassend, kann folgendes festgehalten werden: Sowohl Luppe als auch Eisenschwamm enthalten Schlacke. Der Anteil von schlackefreien Hohlräumen sei beim Eisenschwamm jedoch wesentlich größer als bei der Luppe. Eisenschwamm sei verhältnismäßig porös - Luppe sei verhältnismäßig kompakt.

Drei Thesen zum Eisen - eine Kritik

Die zuvor zitierten Gedanken zum Entstehen und zu den Eigenschaften der Produkte seien nun in drei Thesen formuliert. Die bisherigen Versuchsergebnisse werden die Grundlage der folgenden Thesen-Kritik bilden.

These 1. *In Grubenöfen befindet sich das Eisen in der Schlackemasse und muß von dieser in einem weiteren Arbeitsgang getrennt werden (Cleere 1971, 205).*

Die Versuche von G. J. Varoufakis (1986, 57) in Grubenöfen ohne Schlackeabstich waren erfolglos: Schlacke und Metall konnten während der Verhüttung in keinem Fall befriedigend getrennt werden. Die gewonnenen kleinen Eisenstücke waren durch Schlacke stark verunreinigt und konnten durch Hämmern im glühenden Zustand nur sehr schwer verformt werden.

O'Kelly (1961, 460) führte ebenfalls Versuche in Grubenöfen ohne Schlackeabstich durch. Bei seinen Versuchen war die Luppe („bloom“) oft durch Schlacke mit dem Ende der Tuyère und der Innenseite des Ofens verklebt. Die Luppen waren von Schlacke und Holzkohleteilchen durchsetzt. Um sie zu verfestigen und in einen brauchbaren Zustand („usable condition“) zu bringen, mußten sie wiederholt erhitzt und ausgeschmiedet werden.

Wurmbrand (1875, 152) schreibt nicht, wo innerhalb des Ofens das Eisen gefunden wurde. Auch die Gestalt und der Aufbau des Erzeugnisses werden nicht geschildert.

Wynne und Tylecote (1958, 333 ff.) unterscheiden vier Typen von Erzeugnissen. Ihre Produkte vom *Typ A* bestanden aus zusammengeschmolzenen Erzstücken. Die Temperatur während der Verhüttung war anscheinend nicht ausreichend, um die Gangart des Erzes vollständig zu schmelzen. Die Verfasser beschreiben *Typ B* als eine dichte, geschmolzene Masse. Diese Masse befand sich im Zentrum des Ofens. Im oberen Bereich dieses Erzeugnisses sei bereits eine beachtenswerte Trennung von Schlacke und Eisen erfolgt. *Typ C* wurde immer in unmittelbarer Nähe der Tuyère gefunden und nahm etwa die Hälfte des Ofens ein.⁶⁵ Der obere Teil dieses Produktes war dicht und kompakt, zeigte unterschiedliche Reduktionsgrade (Wüstit und Magnetit) und enthielt Schlacke. Etwas oberhalb der Düse wurde eine vollständige Reduktion der Eisenoxide zu metallischem Eisen erreicht. Der untere Teil hingegen war wesentlich poröser, enthielt Holzkohle und vorwiegend Schlacke. *Typ D* wird von den Verfassern in drei Bereiche unterteilt.⁶⁶ Der obere Bereich bestand aus reduzierten Erzstücken. Der mittlere Bereich wird als ein Stück („a piece“) dichtes und hartes Eisen, der untere Bereich als eine dünne Schlackeschicht beschrieben. Das „Stück“ Eisen bestand aus Ansammlungen von Eisenteilchen, die von einer dünnen Schlackeschicht umgeben waren. Dieses Eisen befand sich auf der der Düse ge-

genüberliegenden Seite des Ofens unterhalb des Niveaus der Düsenschnauze. Das Eisen vom Typ D bezeichnen Wynne und Tylecote als porösen Eisenklumpen oder Luppe („a porous lump or 'bloom'“). Dies sei das Ergebnis einer erfolgreichen Verhüttung. Die Tatsache, daß sich das spezifisch schwerere Eisen über der spezifisch leichteren Schlacke ablagert, erklären Wynne und Tylecote (ebd. 348) folgendermaßen: Da das Eisen nicht schmilzt und durch eine dünne Schicht halbflüssiger Schlacke zusammengehalten wird, ist es fest genug, um der Schwerkraft zu widerstehen. Flüssige Schlacke kann aus der Luppe heraustropfen wie Wasser aus einem Schwamm.

Tholander (1987, 150) beobachtete bei seinen Versuchen in Grubenöfen ohne Schlackeabstich, daß sich der größte Teil des reduzierten Eisens unten in der Mitte des entstandenen Schlackeklumpens sammelte. Das Eisen konnte erst gewonnen werden, nachdem der Schlackeklumpen zerschlagen worden war.

Die bisher genannten Versuchsergebnisse können folgendermaßen zusammengefaßt werden: Sowohl O'Kelly als auch Wynne und Tylecote erzeugten Eisenkonglomerate mit unterschiedlichen Schlackeanteilen. Bei beiden Versuchsreihen wurde das Eisen bereits während der Verhüttung vom Großteil der Schlacke getrennt. Die Produkte werden von den Verfassern als Luppe („bloom“) bezeichnet. Diese lag entweder an der Düsenmündung (O'Kelly) oder auf der der Düse gegenüberliegenden Seite (Wynne/Tylecote). In beiden Fällen befand sich die Luppe jedoch über der Schlacke. Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen war das Eisen bei den Versuchen Tholanders im unteren Bereich des Schlackeklumpens vorhanden. Eisen und Schlacke konnten während der Verhüttung nicht wie bei den Versuchen von O'Kelly und Wynne und Tylecote getrennt werden.

These 1 wird also durch die Versuchsergebnisse widerlegt. Es ist in Grubenöfen durchaus möglich, daß sich das Eisen

nach dem Verhüttungsprozeß über der Schlacke befindet. Die Aussage Osanns (1971, 134), eine Luppe sammle sich an der tiefsten Stelle des Grubenofens („Rennfeuers“), wird durch die Versuchsergebnisse widerlegt.

These 2. Das Eisenerzeugnis aus Schachtöfen muß dem Ofen lediglich entnommen werden, da es von der Schlacke (Schlackeklotz) bereits getrennt ist (Cleere 1971, 205).

Bei Schachtöfenversuchen wurde das gewünschte Eisen bisher niemals unter der Schlacke gefunden. Die Behauptung Osanns (1971, 134), das Eisen sammle sich in Schachtöfen mit Abstich unter der Schlacke, wird durch die Versuche demnach widerlegt. Der Aussage Cleeres (1971, 205), das Eisen müsse nur noch aus dem Ofen genommen werden, da es von der Schlacke bereits getrennt sei, kann jedoch ebenfalls nicht uneingeschränkt zugestimmt werden. Einige Versuche haben gezeigt, daß sich das von der Schlacke getrennte Eisen im Bereich der Düsen befinden kann. In diesen Fällen wurde das Eisen sowohl unterhalb der Düsen⁶⁷ als auch vor der Düsenmündung⁶⁸ gefunden. Es kann aber auch auf dem Schlackeklotz liegen⁶⁹ oder in den oberen Bereich des Schlackeklotzes eingetaucht sein.⁷⁰ Die Annahme, in Schachtöfen werde das Eisenerzeugnis durch das Abfließen der Schlacke in die dafür vorgesehene Grube bereits während der Verhüttung von der Schlackemasse getrennt, wird durch die Versuche folglich nicht bestätigt.

These 3. Es können zwei Produkttypen unterschieden werden: In Schachtöfen ohne Schlackeabstich wird ein poröser Eisenschwamm gebildet. In Schachtöfen mit Schlackeabstich hingegen entsteht eine kompakte Eisenluppe (Bartuska/Pleiner 1965, 19). Eisenschwamm befindet sich über der Schlacke, Luppe unter der Schlacke (Osann 1971, 134f.).

Die folgenden Ausführungen mögen zunächst einen Überblick über die Erschei-

nungsformen des Eisens in Schachtöfen ohne Schlackeabstich geben. Hamann (1986, 82 f.) beschreibt den „Eisenschwamm“ als eine locker auf der Schlacke liegende „poröse Masse“.⁷¹ Mazur und Nosek (1966, 38) schildern das Produkt als einen von Schlacke eingehüllten Eisenschwamm⁷², der sich in dem oberen Teil des Schlackeklotzes befunden habe. In diesem Zusammenhang verwenden die Verfasser auch den Begriff „Luppe“ („loupe“) für dasselbe Produkt. Radwan und Pleiner (1963, 55) sprechen von „Klötzen“, die „aus Schlacke und Eisenschwamm zusammengesetzt“ und zu „zuckerhutförmigen Gebilden längs der Düsenachse“ geformt waren. Die Verfasser haben ein „Luppegebilde“ zerteilt und angeschliffen. Die Bildung des „Eisenschwammes“ sei im Anschliff sehr gut zu beobachten gewesen: „Die Hauptmasse des Metalles konzentrierte sich ... auf der Düsenachse“. In den „oberen Partien“ des Eisenschwammes „blitzte das Metall mit unverbrannten Kohleneinschlüssen“. Sadzot (1956, 569) schreibt, er habe gut angesammelte Luppen („des loupes bien agglomérées“) an der Düsenmündung erhalten.⁷³ Thomsen (1963, 72) fand, nachdem die Schächte abgebaut worden waren, einige Klumpen von Eisenschwamm („sponge-iron“). Diese hatten die gleiche Form und Größe wie das Erz und lagen in einer Schicht aus Asche und unverbrauchter Holzkohle im unteren Teil der Schächte.⁷⁴ Außerdem fand er einen Klumpen, der im unteren Teil des Schachtes mit der Schachtinnenwand verschmolzen war.⁷⁵ Dieser Klumpen („lump“) bestand in der Nähe der Schachtwand aus Schlacke, zum Ofeninneren hin folgte ein Bereich von Eisenschwamm. Dieser Bereich war mit Holzkohle durchmischt. Die Oberfläche des Klumpens bestand zur Ofenmitte hin aus kompaktem grob-kristallinem Eisen („coarse-crystalline iron“). Thomsen unterscheidet zwischen einzelnen Stücken von Eisenschwamm, größeren geschmolzenen („fused“) Klumpen von Eisenschwamm und grob-kristallinem Eisen. Alle drei Formen von Eisen sind schmiedbar gewesen.

Tholander (1987) erzeugte in mehreren Versuchen Luppen („bloom“). Diese befanden sich vor und unter der Düse (ebd. 71).⁷⁶ Die Luppen bestanden aus einem schüsselförmigen Unterteil und einer Luppenkrone („bloom crown“). Unterteil und Luppenkrone beschreibt Tholander (ebd. 162) folgendermaßen: „The bowl-like lower part is a heavy lump with the underside 'decorated' by slag drippings, eventually also by charcoal pieces sticking out.“ – „The porous bloom crown is very brittle due to its erection from the numerous, spongy little iron parts brought together loosely without any cementing constituent.“ Den Mittelteil der Luppe bezeichnet Tholander (ebd.) als „Schlackebad“: „The surface of the central, former liquid slag-bath is covered by a concave and somewhat creased, shiny slag-film, blistered on some spots.“

Der Aufbau der Luppe von Versuch 1 und die Verteilung des Eisens in der Luppe⁷⁷ wird wie folgt geschildert (ebd.): „From Plate X:2a can be seen how the lower part of the slag-bowl in smelt 1 is built up by a slag crust containing numerous holes of irregular shape and is penetrated by thin threads of foils of iron. In a middle zone between the bottom crust and the upper concentration of more compact iron, the holes are larger and, in some cases, surrounded by thin iron shells.“

Pleiner (1969, 468) bezeichnet das Produkt seiner Versuche im Schachtöfen ohne Schlackeabstich sowohl als „Eisenschwamm“ („iron sponge“) als auch als „Luppe“ („bloom“). In seinem Ofen (Typ Zelechovice)⁷⁸ floß die Schlacke in die hintere Höhlung im Unterteil des Ofens. Dort wurde auch die Luppe gebildet. Nachdem der unterirdische Ofen im Anschluß an die Versuche zur Hälfte ausgegraben worden war, wurde beobachtet, daß sich das Eisen über der Schlacke befand.

Die eigentliche Luppe („main bloom“) wurde aus dem Ofen entfernt und der Eisenschwamm („iron sponge“) mit einem Meißel aus dem Konglomerat herausge-

schlagen. Der Begriff „bloom“ bzw. „main bloom“ wird in dieser Textstelle⁷⁹ mißverständlich verwendet. Wahrscheinlich ist hier mit dem Begriff „main bloom“ die Schlacke mit dem darauf befindlichen Eisenschwamm gemeint. An anderer Stelle (ebd. 475) bezeichnet „bloom“ zweifellos das Eisenerzeugnis selbst. Dieses Erzeugnis nennt Pleiner (ebd.) in gleichem Zusammenhang aber auch Eisenschwamm („iron sponge“).

Pleiner (ebd. 468) unterscheidet drei Stufen bzw. Phasen beim Entstehen einer Luppe. Kennzeichnend für diese Phasen seien (a) einzelne Eisenkörner in der Schlacke, (b) Eisenhüllen mit Holzkohleeinschlüssen und (c) stärker verdichtete Eisenluppen. Im Anschluß an die Versuche wurden einige Eisenstücke analysiert:

(1) Probe 262 (Versuch II.1) ist ein Stück Eisenschwamm. Dieses besteht an mehreren Stellen aus Eisenschichten, die Holzkohlestücke umhüllen. Im Querschnitt sind diese Hüllen als Eisenfasern mit einer Dicke von 0,02-0,1 mm sichtbar (ebd. 472).⁸⁰

Vom Material aus Versuch II.2 wurden Teile von lamellenartigem Eisenschwamm („sheet sponge“), Teile von kompaktem Schwamm („sponge“) und Teile der Luppe („bloom“) untersucht (ebd. 474 f.):

(2) Probe 263 ist ein Teil eines Eisenschwammes und enthält von Eisenschichten umhüllte Holzkohlestücke.⁸¹

(3) Probe 267 ist ein Teil der eigentlichen Luppe.⁸² Das Metall war sehr porös und reich an Schlackeeinschlüssen.

(4) Probe 270 ist der eigentliche Eisenschwamm („main iron sponge“) bzw. die Luppe („bloom“). Dieser „Eisenschwamm“ bzw. „Luppe“ - beide Begriffe bezeichnen hier offensichtlich dasselbe Erzeugnis - wurde der hinteren Höhlung des Ofenunterteiles entnommen. Die Luppe war flach, ungleichmäßig⁸³ und mit vielen scharfen Spitzen versehen. Der größte Teil des Me-

talles war verhältnismäßig dicht, fest und enthielt einzelne Eisenkörner. Die Maße werden wie folgt angegeben:

- Länge: 230 mm
- Breite: 150 mm
- Breite an der Schnittstelle: 100 mm
- maximale Höhe: 65 mm
- durchschnittliche Höhe: 10-20 mm
- Gewicht: 2,41 kg

Die genannten Publikationen enthalten mehrfach die Begriffe „Eisenschwamm“ und „Luppe“. Die Gestalt der so bezeichneten Produkte wird jedoch nicht nach einheitlichen, verbindlichen Kriterien beschrieben. Insgesamt scheint sich anzudeuten, daß die Erzeugnisse aus Schachtöfen ohne Schlackeabstich individuell ausgeprägt sind und kein einheitliches Erscheinungsbild ergeben.

Zum Vergleich seien nun einige Beschreibungen von Produkten aus Schachtöfen mit Schlackeabstich wiedergegeben. Bei einem Versuch Cleeres (1971, 212) hatte sich die Luppe („bloom“) hinter der Ofenbrust⁸⁴ gebildet und überbrückte das Ofeninnere. Das reduzierte Eisen war in eine Schlackemasse eingebettet.⁸⁵ Bei besseren Betriebsbedingungen⁸⁶ hätte angeblich ein stärker verfestigter Eisenschwamm mit beträchtlichen („considerable“) Schlackeeinschlüssen entstehen können (ebd. 214). Gilles (1958, 1693) beobachtete hingegen, daß der entstandene Schlackeklotz am „oberen Rande“ von „Eisenschichten durchzogen“ war. Ein angeschliffenes „Luppenstück“⁸⁷ zeigte den „schwammartigen Aufbau der Luppe“.⁸⁸ Gilles (ebd. 1695) schreibt weiter: „Das Eisen war als schwammartige Masse in der Schlacke vorhanden, nach deren Zertrümmern es in Form von Körnern herausgelesen werden konnte.“ Bei einem anderen Versuch von Gilles (1960, 944) befand sich in der Grube („Herd“) unter dem Schacht ein „schwerer, eisendurchsetzter Schlackenklotz“. Die gewonnene „Schlackenluppe“ war „mit Eisen durchwachsen und schwammartig“. Ein Teil des Eisens sei „lamellar eingelagert“ gewesen. Außerdem fand Gilles „einzelne Luppen fast reinen Eisens“ in Stücken „von

30 bis 250g“.⁸⁹ Gilles schreibt jedoch nicht, in welchem Teil des Schlackeklotzes das Eisen bzw. die Luppen gefunden wurden. Gebers und Linke (1987, 73) beobachteten bei ihrem dritten Versuch, daß die Schachtwand im unteren Bereich mit einer Schlackeschicht überzogen war. Auf dieser Schicht hafteten „einige Perlen metallischen Eisens“. Im oberen Teil des in der Grube sitzenden, bis über die Höhe der Düsen reichenden Schlackeklotzes wurden „zwei Klumpen hell-silbernen leuchtenden Eisens“ gefunden.⁹⁰ Radwan und Pleiner (1963, 65) produzierten Metall „in Gestalt von Eisenschwamm“. Dieser lag in der „oberen Partie der Schlackenmasse“.⁹¹ Tylecote, Austin und Wraith (1973, 31) konnten bei ihren Versuchen beobachten, wie die Luppe („bloom“) unterhalb der Tuyère an der vorderen Schachtwand haftete. Im rückwärtigen Ofenteil wurde die Luppe von Holzkohle gehalten.⁹²

Am genauesten beschreiben Straube, Tarmann und Plöckinger (1964, 25ff.) die gewonnenen Erzeugnisse. Sie erhielten in ihrem *großen Versuchsofen* „unmittelbar vor den Blasdüsen ... fest zusammengefritete Kuchen“ mit einem Durchmesser von ungefähr 25 cm. Der Aufbau dieser „Kuchen“ wird folgendermaßen beschrieben: Das Gebilde wird in drei Schichten unterteilt. Die obere Schicht bestand aus Holzkohle, unverbrauchtem Erz und teilreduziertem Erz. Diese Schicht war von „dünnen, folienähnlichen Eisenstreifen sowie kleinen, kugeligen Eisenteilchen, die mit den Streifen z.T. verschweißt waren, durchsetzt“ (ebd. 25). Die mittlere Schicht wird von den Verfassern in drei Bereiche unterteilt: Die den Düsen abgewandte Seite der Schicht bestand aus einer stark blasigen, eisenreichen Schlacke. Diese enthielt „zahlreiche granulatähnliche Eisenkugeln von mehreren Millimetern Durchmesser“ (ebd. 26). Näher zur Düse hin wurden „größere, unregelmäßig geformte, spratziige, in ihrem Aussehen ... teilreduzierten Erzstücken gleichende Eisenteilchen“ beobachtet (ebd.). Die Dicke dieser Eisenteilchen variierte von „wenigen Zehntel bis etwa 10 mm“ (ebd.). Unmittelbar vor den

Düsen, innerhalb der mittleren Schicht des „Kuchens“ fanden sich „vergleichsweise sehr große Eisenluppen“.⁹³ Sie waren von Schlacke umgeben. Das Gewicht dieser Luppen betrug „ca. 2 kg“ und „etwa 1,2 kg“ (ebd. 27 f.). Die untere Schicht der „Kuchen“ bestand aus einer fest mit der Schachtsohle verwachsenen Schlacke. Eisenteilchen waren nicht sichtbar (ebd. 29). Im *kleinen Versuchsofen* wurden ähnliche „Kuchen“ erzeugt. Die Höhe der „Kuchen“ betrug 25 cm. Die obere Schicht bestand aus einem Gemenge von Holzkohle und teilreduziertem Erz. In der folgenden Schicht waren bei „grundsätzlich gleichem Aufbau“ der Schicht „größere Eisenteilchen“ vorhanden (ebd. 30). In Höhe der Düsen enthielten die „Kuchen“ „Schlacke mit mehreren größeren darin eingeschlossenen Eisenkugeln“ (ebd. 31). Die Eisenkugeln waren „bis etwa 20mm groß“. Weiter zur Ofenmitte hin, jedoch in gleicher Höhe wie die Schlacke befanden sich größere „Eisenluppen“.⁹⁴ Der Aufbau dieser Luppen wird nicht beschrieben.

Ergebnisse zu These 3.

Aufgrund der Beschreibungen der Eisenerzeugnisse muß der Eindruck entstehen, daß bei den Versuchen unterschiedliche Produkte gewonnen wurden. So kann das Eisen (1) in poröser, schwammiger, (2) in kompakter, agglomerierter, (3) in folienartiger, lamellarer oder (4) in kugelförmiger Form vorliegen. Mehrere Erscheinungsformen können bei demselben Versuch auftreten. Es ist unmöglich, These 3 allein aufgrund dieser Beschreibungen zu bestätigen oder zu berichtigen. Hilfreich sind hier jedoch zeichnerische und fotografische Wiedergaben der Eisenerzeugnisse.

Ebenso wie Erzeugnisse aus Schachtöfen mit Schlackeabstich sind auch Erzeugnisse aus Schachtöfen ohne Schlackeabstich in Form von Fotos und Zeichnungen dokumentiert und veröffentlicht worden.⁹⁵ Die Eisenerzeugnisse können voneinander abweichende Gestalt haben. Die meisten Produkte haben annähernd runde For-

men. Es ist jedoch auch möglich, daß das Erzeugnis schüsselförmig ist.⁹⁶ Die Erzeugnisse bestehen immer aus Schlacke und Eisen. Das Volumenverhältnis von Schlacke zu Eisen in den Produkten kann jedoch wechseln. Das Eisen kann in der Schlacke sehr unterschiedlich verteilt sein. Die Eisenansammlungen selbst sind, soweit die Fotos dies erkennen lassen, mehr oder weniger kompakt. Teilweise erscheint das Eisen (weiß) in Fotos großflächig mit nur sehr geringfügigen Einschlüssen anderen Materials (schwarz, grau).⁹⁷ Einige Aufnahmen zeigen hingegen locker zusammenhängende Eisenansammlungen mit sehr vielen, ungleichmäßig verteilten Einschlüssen.⁹⁸ Allerdings kann aufgrund der Fotos oft nicht entschieden werden, ob es sich um Schlackeeinschlüsse, Holzkohleinschlüsse oder um schlackefreie Poren handelt. Der Volumenanteil von schlackefreien Poren innerhalb der Eisenanreicherungen wurde bisher für kein Erzeugnis ermittelt, so daß keine vergleichbaren Zahlen bekannt sind. Urteilt man allein aufgrund der Fotos, so ist es grundsätzlich möglich, die Produkte entlang einer Skala von „sehr wenig Einschlüsse“ bis „sehr viele Einschlüsse“ zu reihen. Ein eindeutiger, regelhafter Unterschied zwischen Produkten verschiedener Ofentypen ist aber nicht zu erkennen. Auch innerhalb eines Produktes muß die Verteilung der Einschlüsse im Eisen nicht gleichmäßig sein.

Die Annahme, es existierten zwei Typen von Eisenerzeugnissen, kompakte Luppe und poröser Eisenschwamm, wird durch die Versuchsergebnisse nicht bestätigt. Die Erzeugnisse von Verhüttungsversuchen zeigen vielmehr mannigfache Erscheinungsformen. Folglich ist die Aussage, Eisenschwamm sei das Erzeugnis von Schachtöfen ohne Schlackeabstich und befände sich über der Schlacke, Luppe hingegen entstehe in Schachtöfen mit Schlackeabstich und sammle sich unter der Schlacke, mit den Versuchsergebnissen nicht zu vereinbaren. Die Behauptung, Luppe und Eisenschwamm seien ofentypabhängige Erzeugnisse, findet keine Bestätigung.

4. Entstehungsprozesse und Produkteigenschaften

Zwei Aspekte stehen im Mittelpunkt der folgenden Ausführungen: die Bildung der Eisenerzeugnisse und der Kohlenstoffgehalt. Kohlenstoff ist neben anderen chemischen Elementen und dem Gefüge für die Eigenschaft des Eisens von entscheidender Bedeutung: Schmiedbarkeit, Sprödigkeit und Härte des Eisens werden durch den Kohlenstoffgehalt wesentlich beeinflusst. Im folgenden verwende ich den Begriff *Eisen* als allgemeine Bezeichnung für das gewonnene Metall, da eine genaue Ansprache als *Stahl* oder *Roheisen* oft nicht möglich ist.⁹⁹

Der Entstehungsprozeß der Eisenerzeugnisse - das Vereinigen von reduzierten Eisenteilchen zu größeren Konglomeraten - wird von Straube, Tarmann und Plöckinger (1964) und Tholander (1987) unterschiedlich erklärt. Der Zusammenhang zwischen Ofentyp und Kohlenstoffgehalt des Eisens wurde besonders bei den Versuchen Pleiners (1969) hervorgehoben. Diese Versuche werden im folgenden besondere Berücksichtigung finden.

Die Versuche von Straube, Tarmann und Plöckinger

Auf der Grundlage von zwei Versuchen in Schachtöfen mit Schlackeabstich (Typ Allb) kamen Straube, Tarmann und Plöckinger (1964, 35) zu folgender Einschätzung der Vorgänge im Rennfeuerofen: „Der Ablauf des Rennfeuerprozesses kann somit, z. T. entgegen den bisherigen Vorstellungen, so interpretiert werden, daß zunächst metallisches, kohlenstofffreies Eisen aus dem Erz reduziert wird. Dieses vorwiegend in Form kleiner und dünner Teilchen vorliegende Eisen wird unter Einwirkung der Kohlenstoffgase verhältnismäßig rasch aufgekühlt, wird wegen der damit verbundenen Schmelzpunktniedrigung zumindest teilweise verflüssigt, tropft in tiefere Schichten und verbindet sich dort

zu größeren Metallklumpen, die unter den hier herrschenden oxydierenden Bedingungen entkohlt werden und wieder völlig erstarren.“

Straube, Tarmann und Plöckinger (ebd. 36) sind der Auffassung, die Eisenerzeugung im Rennfeuerofen erfolge „so wie in den modernen Verfahren über das Zwischenprodukt Roheisen“. Metallisches Eisen werde im Rennfeuerofen hoch aufgekühlt, verflüssigt, teilweise wieder entkohlt und erstarre dann im unteren Ofenbereich. Um schiedbares kohlenstoffhaltiges Eisen zu gewinnen, müsse die Luppe dem Ofen im richtigen Moment entnommen werden. Im neuzeitlichen Verfahren (Hochofen) muß das Eisenerzeugnis jedoch in einem weiteren Verfahrensgang entkohlt (gefrischt) werden, um schiedbares Eisen (Stahl) zu erhalten.

Die Schlußfolgerungen zu den „Eigenschaften des im Rennfeuerprozeß gewonnenen Erzeugnisses“ und zum „Ablauf des Verfahrens“ beruhen nach Aussage der Verfasser (ebd.33) erstens auf den „Beobachtungen während der Versuchsdurchführung“ und zweitens auf der Analyse des „angefallenen Reduktionsgutes“. Bei der Analyse des Reduktionsgutes, d.h. des Eisens und der Schlacke, haben Straube, Tarmann und Plöckinger vorrangig das Gefüge und den Aufkohlungsgrad des Eisens untersucht. Zu den „Beobachtungen während der Verhüttung“ gehörte bei diesen Versuchen vorrangig die Erfassung der Temperatur. Der „überragende Einfluß der Temperaturen auf das gesamte Reaktionsgeschehen“ wird von den Verfassern (ebd. 33) besonders betont.¹⁰⁰

a.) Probenentnahme

Die Proben, auf denen die Aussagen zum Entstehungsprozess der Eisenerzeugnisse beruhen, wurden erst nach der Verhüttung genommen. Der *große Versuchsofen* wurde erst drei Tage nach Versuchsende aufgebrochen, als der Ofeninhalte bereits erkaltet war (ebd. 25). Der bis zu einem

Drittel der Ofenhöhe niedergesunkene, noch glühende Inhalt des *kleinen Ofens* wurde bereits drei Stunden nach dem Ende der künstlichen Luftzufuhr ausgeräumt (ebd. 30). Während der eigentlichen Verhüttung wurden also keine Proben aus dem Ofen entnommen. Vielmehr haben Straube, Tarmann und Plöckinger, ausgehend vom Kohlenstoffgehalt der Endprodukte und vom Gefüge des Eisens nach der Verhüttung, auf die Abläufe während der Verhüttung geschlossen.

In den Öfen befanden sich im unteren Drittel „fest zusammengebackene Reduktionskuchen“ (ebd. 33). Der Aufbau dieser aus Schlacke, Eisen, Holzkohle und teilreduziertem Erz bestehenden „Reduktionskuchen“ veranlaßte Straube, Tarmann und Plöckinger (ebd.) zu der Aussage, die Reduktion des Erzes beginne etwa „in ein Drittel der Schachthöhe oder darüber“.

Diese Aussage kann aus dem Versuch im kleinen Ofen zu Recht gefolgert werden (ebd. 30): Der kleine Versuchsofen hatte eine Schachthöhe von 1 m. Die Höhe des Ofeninhaltes betrug mehr als 25cm, da über den 25 cm hohen „Reduktionskuchen“ lose Schichten von Holzkohle und Erz lagen, deren Mächtigkeit aber nicht angegeben wurde. Aus der oberen Schicht der „Reduktionskuchen“ wurden Proben entnommen und analysiert. Diese obere Schicht bestand aus Holzkohle und teilreduziertem Erz. Mikroschliffuntersuchungen¹⁰⁰ zeigten, daß in dieser Höhe „kleine Teilchen metallischen Eisens“ enthalten waren.

Weitere Proben wurden aus verschiedenen Bereichen des Ofeninhaltes beider Öfen gezogen und untersucht. Sowohl chemische Analysen als auch Gefügaufnahmen wurden angefertigt. Von den Eisenerzeugnissen wurden Querschnittsaufnahmen gemacht und punktuell Gefüge und Kohlenstoffgehalt des Eisens ermittelt. Die Probenentnahmestellen hat man genau vermerkt und das dazugehörige Analyseergebnis angegeben.¹⁰²

b.) Temperaturmeßstellen

Betrachtet man die bei diesen Versuchen angewandte Temperaturmeßtechnik, so zeigt sich, daß zeitweilig auch in unteren Schachtbereichen Temperaturen geherrscht haben können, die das Schmelzen des Eisens ermöglicht hätten. Die Temperaturmessung erfolgte im großen Ofen an vier Meßstellen (1 bis 4), im kleinen Ofen jedoch nur an zwei Meßstellen (1 und 4). Die Meßstellen 1 bis 3 waren in verschiedenen Höhen fest in die Schachtwand eingebaut. Der Abstand der Meßpunkte von der Innenseite der Schachtwand wird nicht angegeben. Nach der schematischen Darstellung der Versuchsofen¹⁰³ dürfte dieser Abstand jedoch nur wenige Zentimeter betragen haben. Die untere Meßstelle 1 wurde in Höhe der Düse, 5 cm über dem Schachtfuß angebracht. Meßstelle 2 wurde 55 cm und Meßstelle 3 100 cm über dem Schachtfuß eingesetzt. In der Mitte des Schachtes war ein senkrecht stehendes Schamotterrohr eingebaut. Innerhalb des Rohres konnte Meßstelle 4 in der Höhe versetzt werden. Es war somit möglich, die Temperatur in verschiedenen Höhen zu messen. Diese Bauweise ermöglichte es jedoch nicht, die in der Schachtmitte tatsächlich herrschenden Temperaturen zu erfassen. Hierzu heißt es bei Straube, Tarmann und Plöckinger (ebd. 20 f.): „Die in der Schachtmitte (Meßstelle 4) gemessenen Temperaturen waren wegen der großen Wandstärke des Schamotterrohres den Temperaturen des Ofeninnenraumes nicht gleichzusetzen.“

Der Unterschied zwischen der im Schamotterrohr gemessenen Temperatur und der in der Schachtmitte gemessenen Temperatur ist nicht bekannt. In zweierlei Hinsicht können die Meßwerte beeinflußt worden sein: (1) Durch Isolationswirkung des Schamotterrohres können innerhalb des Rohres geringere Temperaturen vorhanden sein als an der Außenseite des Rohres, d.h. in der Schachtmitte. Dieser Art der Meßwertbeeinflussung dürfte die größere Bedeutung zukommen. (2) Die Wärmespeicherungsfähigkeit des Schamotte könnte

aber auch bewirken, daß innerhalb des Rohres zeitweilig höhere Temperaturen vorhanden waren als im Ofenschacht.

Da die Meßwerte von Meßstelle 4 verfälscht sind, wurden die tatsächlichen Ofentemperaturen also nur in unmittelbarer Nähe der Schachtinnenwand erfaßt. Beim kleinen Versuchsofen war in der Schachtwand jedoch nur eine Meßstelle eingebaut. Auch die Meßwerte dieser Meßstelle sind ungenau. Straube, Tarmann und Plöckinger (ebd. 22) erklären diesen Umstand wie folgt: „Die im Vergleich zum großen Ofen niedrigen Temperaturen der Meßstelle 1 am kleinen Versuchsofen sind, wie nachträglich festgestellt werden konnte, darauf zurückzuführen, daß die Meßblanze nicht genügend tief in den Schacht hineinragte. Da die erste Messung während des Aufheizens einen mit den Temperaturen des großen Ofens durchaus vergleichbaren Wert ergab, ist anzunehmen, daß das Meßrohr beim Arbeiten während des Aufheizens hinausgedrückt wurde.“

c.) Bewertung

Die Hauptaussage von Straube, Tarmann und Plöckinger lautete, hoch aufgekohlt Eisen sei bei Temperaturen von mindestens 1150°C in oberen Schachtbereichen geschmolzen und in tiefere Bereiche des Schachtes getropft und dort wieder entkohlt worden. Überprüft man nun, inwieweit diese Auffassung durch die Temperaturmessungen und Eisenkohlenstoffanalysen gestützt werden kann, so zeigt sich folgendes:

(1) Bei beiden Versuchen wurden mehrfach Temperaturen von 1150°C und mehr gemessen.¹⁰⁴ Während des Versuches im kleinen Ofen betrug die gemessene Höchsttemperatur bei Meßstelle 1 1170°C, bei Meßstelle 4 1200°C. Ob zu diesen Zeiten in den entsprechenden Bereichen hoch aufgekohlt Eisen vorhanden war, ist jedoch nicht bekannt. Während des Versuches im großen Ofen wurden bei Meßstelle 1 maximal 1420°C gemessen. Bei Meßstelle 4

wurde ein Höchstwert von 1000°C angezeigt. Meßstellen 2 und 3 hingegen zeigten während der Beschickungs- und Nachheizphase Temperaturen zwischen 600 und 840°C. Eine gewisse Unsicherheit besteht darin, daß bei beiden Versuchen die Temperaturen zeitweise nur in Abständen von ein bis zwei Stunden gemessen wurden. Die Temperaturschwankungen wurden also nicht fortlaufend erfaßt. Es ist somit nicht auszuschließen, daß auch in unteren Schachtbereichen zeitweilig Temperaturen herrschten, die ausreichten, kohlenstofffreies oder nur gering aufgekohlt Eisen zu schmelzen. Die Aussage, das Eisen sei hoch aufgekohlt gewesen und im oberen Schachtbereich geschmolzen, läßt sich durch die vorliegenden Meßwerte allein nicht bestätigen.

(2) Die Behauptung, Eisen sei während der Versuche tatsächlich flüssig gewesen, wird durch geschmolzene, kugelähnliche Eisenpartikeln und Gefügeaufnahmen bestätigt.¹⁰⁵ Die Aufnahmen zeigen vorwiegend perlitisches Gefüge. Perlit entsteht bei langsamer Abkühlung hoch kohlenstoffhaltigen Eisens im schmelzflüssigen Zustand; er besteht aus einer lamellaren Anordnung von Ferrit (nahezu kohlenstofffreies Eisen mit 0-0,02%C) und Zementit (kohlenstoffreiches Eisen [Fe₃C] mit 6,67%C). Die Gefügebilder mögen als ausreichender Hinweis dafür gelten, daß das Eisen im schmelzflüssigen Zustand gewesen ist.¹⁰⁶ In welchem Teil des Ofens das Eisen geschmolzen ist, ob in höheren Schachtbereichen oder im Düsenbereich, bleibt jedoch unklar.¹⁰⁷

(3) Es kann kein Zweifel daran bestehen, daß bei den Versuchen sowohl Stahl als auch Roheisen entstanden ist. Die Eisenkugeln aus dem großen Versuchsofen enthalten 0,85 bis 6,67% Kohlenstoff. Für Eisenkugeln des kleinen Ofens wurden Kohlenstoffanteile von 1,1 bis 4,18% ermittelt. Das Eisen der ca. 2 kg schweren Luppe aus dem großen Versuchsofen hatte Kohlenstoffanteile von 0,03 bis ca. 1,1%.¹⁰⁸ Es handelt sich dabei also ebenso wie bei dem Eisen einer Luppe aus dem kleinen

Ofen (ca. 0,08 bis 0,85%C) um Stahl.¹⁰⁹ Keine dieser beiden Luppen enthält Roheisen.¹¹⁰ Der Kohlenstoffgehalt der etwa 1,2 kg schweren Luppe aus dem großen Versuchsofen wurde durch eine chemische Analyse ermittelt. Hierfür wurde „von einer willkürlich gewählten Stelle“ Material entnommen. Die Schliffbilder dieser Luppe zeigen Eisen mit „sehr hohen Kohlenstoffgehalten, wie sie bei Gußlegierungen üblich sind“ (ebd. 28). Die Probe enthielt 2,95% Kohlenstoff; dieses Eisen ist somit also als Roheisen anzusprechen.

Bei den Versuchen von Straube, Tarmann und Plöckinger wurde verflüssigter Stahl mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten gewonnen. Diese Tatsache allein reicht jedoch nicht aus, um zu beurteilen, ob - wie Straube, Tarmann und Plöckinger behaupten - zuerst in höheren Schachtbereichen flüssiges Roheisen entstanden ist, welches dann im unteren Schachtbereich zu Stahl entkohlt wurde. Hätte man während der Verhüttung aus verschiedenen Höhen des Schachtes Proben genommen und kontinuierliche Temperaturmessungen durchgeführt, so wären wahrscheinlich eindeutiger Aussagen möglich gewesen. Festzuhalten bleibt aber, daß es möglich ist, Eisen im Rennfeuerofen zu verflüssigen. Ob hierfür im Einzelfall entsprechend hohe Temperaturen oder eine hohe Aufkohlung ursächlich ist, muß von Fall zu Fall geprüft werden.

Die Versuche von Tholander

Tholander (1987) hat neun Versuche in einem *niedrigen Schachtofen* (Höhe 1 m) sowie einen Versuch („smelt 13“) in einem hohen Schachtofen (Höhe 2,2m) durchgeführt. Dem niedrigen Schachtofen wurden bei drei Versuchen („smelt 7-9“) bereits während der eigentlichen Verhüttung Proben der Ofenfüllung entnommen. Hierfür waren in drei Höhen jeweils vier Probenentnahmestellen in die Schachtwand eingebaut.¹¹¹ Tholander beschreibt die Proben zusammenfassend, ohne die drei Versuche zu unterscheiden. Dies gilt auch für

die folgenden Aussagen zum Kohlenstoffgehalt und Gefüge der eigentlichen Eisenerzeugnisse. Die Korngröße der Probenstücke reichte von 50 μ m (= 0,05 mm) bis 250 μ m (= 0,25 mm).¹¹² Aufgrund der Ergebnisse der Probenanalyse kam Tholander zu folgenden Ergebnissen: Das Eisenmehrerer, aus verschiedenen Höhen entnommener Proben bestand hauptsächlich aus Ferrit. Es hatte also einen Kohlenstoffgehalt von höchstens 0,02%. Dies gilt ebenso für das im „Schlackebad“ des eigentlichen Eisenerzeugnisses („bloom“) enthaltene Eisen. Eine Probe aus dem unteren Schachtbereich (Entnahmestelle H₁₂) enthielt sowohl reines Eisen als auch Eisen mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten sowie einige ledeburitische Roheisentropfen (ebd. 171 f.).

Von einer Hälfte eines Eisenerzeugnisses wurden Proben genommen. Die meisten dieser Proben bestanden aus Eisen mit ferritischem Gefüge. Der von Tholander (ebd. 162) als „Luppenkrone“ („bloom-crown“) bezeichnete obere Teil des Produktes sowie einige locker auf der Luppe liegende Eisenkugeln hatten jedoch höhere Kohlenstoffgehalte. Das Eisen der „Luppenkrone“ bestand sowohl aus ferritischem als auch aus einem geringen Anteil an zementitischem Gefüge (ebd. 173); es enthielt also stellenweise sehr viel Kohlenstoff (Zementit = 6,67%C). Zahlreiche kugelförmige Schlackeeinschlüsse deuten nach Tholander (ebd.) darauf hin, daß das Eisen der „Luppenkrone“ flüssig gewesen ist. Auch an einigen Stellen des „Luppenkörpers“ („bloom body“) sei das Eisen geschmolzen (ebd. 172). Anzeichen einer Aufkohlung des „Luppe-Eisens“ („bloom-iron“) konnten nicht beobachtet werden - abgesehen von zwei Ausnahmen: (1) Ein Teil des Eisens im äußeren Bereich der Luppe sowie in der „Luppenkrone“ enthielt Kohlenstoff. Beide Bereiche waren nicht von Schlacke umgeben. (2) Das Eisen eines anderen Versuches („smelt 5“) war ebenfalls aufgekohlt. Bei diesem Versuch ist zusätzlich eine Stunde bei verminderter Luftzufuhr nachgeheizt worden. Der äußere Bereich des Eisenpro-

duktes hatte einen Kohlenstoffgehalt von 1,5%.¹¹⁴

Dem *hohen Schachtofen* hat Tholander während der eigentlichen Verhüttung drei Proben entnommen, wovon jedoch nur zwei für eine Analyse brauchbar waren. Beim Vergleich dieser Proben mit den Proben aus dem niedrigen Schachtofen wurden sowohl Ähnlichkeiten als auch Unterschiede erkannt. Dies betraf einerseits die Zusammensetzung der Schlacke, andererseits das Gefüge des Eisens. So entstand im hohen Schachtofen im Gegensatz zum niedrigen Schachtofen auch Eisen mit zementitischem und perlitischem Gefüge.¹¹⁵ Im niedrigen Schachtofen hingegen wurde hauptsächlich ferritisches Gefüge gebildet (siehe oben). Nach der Verhüttung wurden der Füllung des unteren Ofenbereiches Proben entnommen, die auch höher aufgekohlt Eisen enthielten. Ein Eisenklumpen bestand in seinem Kern aus kompaktem, aber nicht geschmolzenem Eisen mit daran haftenden Roheisentropfen. Der kompakte Eisenkern war von porösen Eisenstrukturen umgeben. Diese zeigten zementitisches Gefüge mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 3% (ebd. 183f.). Auch an anderen Stellen in der unteren Ofenfüllung wurden hoch aufgekohlte, verflüssigte Eisenteilchen gefunden.¹¹⁶ Die eigentlichen Erzeugnisse - zwei Eisenklumpen - hatten folgende Eigenschaften: Ein Großteil dieses Eisens enthielt nur wenig oder gar keinen Kohlenstoff. Einige Bereiche der Eisenklumpen waren teilweise oder vollständig geschmolzen, so daß kompaktes Eisen entstanden war. Es wurden aber auch Ansammlungen von zahlreichen kleinen Eisenteilchen mit perlitisch-ferritischem Gefüge und Kohlenstoffgehalten von 0,2% erkannt.¹¹⁷ Außerdem zeigten die Gefügaufnahmen übereutektoiden Stahl¹¹⁸ mit Korngrenzenzementit in perlitischer Grundmasse und einem Kohlenstoffanteil von etwa 1,5% (ebd. 190). Allgemein schien der Anteil an aufgekohlten Eisenteilchen in den Proben aus dem hohen Schachtofen größer gewesen zu sein als in den Proben aus dem niedrigen Schachtofen (ebd.). Dieses Verhältnis gilt nach Tholander

(ebd.194) auch für den Anteil an geschmolzenem Eisen. Allerdings nennt er keine vergleichbaren Zahlen zum Anteil von kohlenstoffhaltigem und geschmolzenen Eisen an der gesamten Probenmenge. Somit können die Aussagen nur als Versuch gelten, einen allgemeinen Eindruck wiederzugeben.

Nachdem zuvor die wesentlichen Eigenschaften der Eisenerzeugnisse hinsichtlich Gefüge und Kohlenstoffgehalt dargestellt wurden, sollen nun die Aussagen Tholanders zum Entstehen der Eisenerzeugnisse erörtert werden. Tholander (ebd. 193) beschreibt den Ablauf der Entstehung des Eisenproduktes wie folgt:

“The ore reduction did result in a spongy iron of the texture 'labyrinth'-iron [d.h. poröse Eisenstrukturen] ... At a certain stage the reduction stopped by the beginning of slag formation at which the unreduced wüstite [= FeO] core of each ore-piece was consumed by its reaction with included quartz. The reaction product then ran out as liquid slag leaving a hollow core in the former ore-piece.“

Die so entstandenen Eisenhohlkörper, die noch die Form der reduzierten Erzstücke haben, sinken im Schacht nach unten, werden dabei von Eisenfolien zusammengehalten oder verschweißen miteinander zu „schwammigen Eisenklumpen“ („spongy iron-lumps“) (ebd. 194).

Der geschilderte Ablauf kann durch eine Probe aus dem niedrigen Schachtofen besonders gut veranschaulicht werden. Die Probe wurde dem Ofen während der Verhüttung entnommen (Entnahmestelle H₁₂). Ein Teil dieser Probe bestand aus vier durch Schlacke miteinander verbundenen Eisenteilchen in Form von Erzstücken. Diese Eisenteilchen waren entweder hohl oder hatten einen Kern aus Schlacke (ebd. 170f.).¹¹⁹ Im unteren Bereich des hohen Schachtofens wurden - nachdem der Schachthalt abgekühlt war - ebenfalls Eisenteilchen gefunden, die noch die Form der Erzstücke hatten. Auch sie waren hohl

oder hatten einen Schlackekern und entsprechen somit den Eisenteilchen aus dem niedrigen Schachtofen (ebd. 183).¹²⁰

Allein diese von Tholander genannten Proben, können hier als Beleg für seine Ausführungen zum Entstehen der Eisenerzeugnisse zitiert werden. Ob im Laufe der Untersuchung des Probenmaterials ähnliche Erscheinungen mehrfach beobachtet wurden, geht aus der Publikation nicht hervor. Es bleibt somit unklar, wie repräsentativ die genommenen Proben sind. Die auf diesen Proben beruhenden Beobachtungen Tholanders zeigen einen grundsätzlich anderen Ablauf der Luppe-/Eisenschwamm-Bildung als die zuvor beschriebenen Versuche von Straube, Tarmann und Plöckinger.

Die Versuche von Pleiner

In den Jahren 1931 und 1935 sowie 1950 und 1951 wurden in Zelechovice die Reste von insgesamt 24 Verhüttungsöfen ausgegraben. Anlaß zu vielfältiger Deutung der Funktion dieser unterirdischen Schachtofen gab eine besondere Höhlung im rückwärtigen Bereich des unteren Ofenteiles.¹²¹ Einerseits wurde angenommen, daß die Höhlung „durch den Brand ausgeschmolzen wurde“. Andererseits ging man davon aus, daß die Eisenerzeugnisse „am Ende des Schmelzvorganges in diese Hohlräume ... eingeschoben wurden“, damit die Schlacke „besser ausgepreßt werden konnte“.¹²² Es wurde auch vermutet (Pleiner 1955, 52), daß „die Konstruktion der Zelechowitzter Öfen eine stahlartige Produktion des Eisens mit höherem Gehalt von Kohlenstoff erlaubte“. Die oben genannte „Höhlung“ habe dazu gedient, das Eisen mit Kohlenstoff anzureichern (Pleiner 1958, 1753). Nach Ansicht Pleiners (ebd.) wurde das von Holzkohle umgebene Eisenerzeugnis in der besagten „Höhlung“ abseits des Gebläseluftstromes zumindest teilweise aufgekohlt. Da aus der Ausgrabung keine Eisenproben vorlagen, war es nicht möglich, diese Annahme durch entsprechende Analysen zu bestätigen. Sie

sollte deshalb durch Versuche in nachgebauten Öfen dieses Typs überprüft werden.¹²³ Die Vermutung, Eisen werde im Ofenunterteil nachträglich aufgekühlt, wurde durch die Versuche jedoch nicht bestätigt.¹²⁴

Nach Ansicht Pleiners (ebd. 486 f.) muß das mehr oder weniger stark aufgekühlte Eisen in anderen Schachtofen normalerweise eine Reoxidationszone in der Nähe der Düse durchlaufen. Es entstehe folglich Schmiedeeisen¹²⁵ („wrought iron“) oder weicher, ungleichmäßig aufgekühlter Stahl. Die Bauweise der Öfen vom Typ Zelechovice habe hingegen hoch aufgekühlten Stahl entstehen lassen. Pleiner (ebd.) erklärt dies so:

“However, in Zelechovice-type furnaces, the red-hot bloom passed relatively quickly through the oxidizing zone and slipped into the back cavity where the reheating process took place, under very good reducing conditions. The bloom, surrounded by charcoal, was protected against blowing, and the properties of the carbon steel were retained.“

Diese Aussage stimmt mit der Behauptung von Straube, Tarmann und Plöckinger überein, Eisen werde bereits im Ofenschacht mit Kohlenstoff angereichert.

Das obige Zitat enthält zwei zentrale Aussagen: (1) Das Eisenerzeugnis passierte die Oxidationszone verhältnismäßig schnell und rutschte in die Höhlung im Ofenunterteil. (2) Der Kohlenstoffgehalt des Eisens blieb erhalten, da das Erzeugnis von Holzkohle umgeben und somit gegen eine Entkohlung durch den Gebläsewind geschützt war. - Es ist jedoch weder bekannt, wie lange das Erzeugnis in der Oxidationszone verblieb noch welchen Kohlenstoffgehalt das Eisen vor und nach dem Durchlaufen der Oxidationszone hatte. Während der Verhüttung wurden keine Proben genommen. Der tatsächliche Einfluß der Oxidationszone auf den Kohlenstoffgehalt des Eisens kann deshalb nicht beurteilt werden. Während des zweistündigen

Verweilens im unteren Ofenteil könnte das Eisen weiter aufgekühlt oder entkohlt worden sein; möglicherweise blieb der Kohlenstoffgehalt auch unverändert. Nachdem das glühende Eisen dem Ofen entnommen worden war, wurde es in Wasser abgeschreckt (Versuch 2 im Ofen II). Pleiner (ebd. 475, 477) schreibt, das Produkt sei verhältnismäßig homogen aufgekühlt gewesen¹²⁶ und habe hauptsächlich aus eutektoidischem Stahl¹²⁷ bestanden. In diesem Zusammenhang muß seiner Aussage (Pleiner 1973, 21) zugestimmt werden, es sei kaum möglich, eine mehr als 10mm dicke Metallschicht in 2 Stunden homogen aufzukohlen.¹²⁸ Folglich ist die Schlußfolgerung (ebd.), das Eisen sei bereits im Ofenschacht aufgekühlt worden, durchaus berechtigt. Die ursprüngliche Vermutung, das Eisen werde im unteren Ofenbereich mit Kohlenstoff angereichert, wurde durch die Versuche nicht bestätigt.

Obwohl die chemischen Grundlagen der Reduktion des Eisenerzes zu freiem Eisen bekannt sind, herrscht über den tatsächlichen Ablauf dieses Vorganges im Ofen keine einheitliche Meinung. Die ausgewählten Beispiele (Straube et al., Tholander, Pleiner) sollten dies veranschaulichen. Insbesondere die Auf- und Entkohlung des freigesetzten Eisens während des Durchlaufens der Reduktions- und Oxidationszonen im Ofen ist bisher ungeklärt. Der Kohlenstoffgehalt des reduzierten Eisens ist für dessen Qualität (Härte, Sprödigkeit) und somit für die Schmiedbarkeit aber von entscheidender Bedeutung.

Kohlenstoffgehalte im Vergleich

a.) Schachtofenversuche

Die Kohlenstoffwerte von Eisenerzeugnissen aus Schachtofenversuchen sind in Tabelle VII aufgelistet.¹²⁹ Für sieben Produkte sind mehrere Werte angegeben; in diesen Fällen wurde der Kohlenstoffgehalt von verschiedenen Stellen eines Produktes be-

stimmt. Sowohl der höchste Wert (4,36%C) als auch der niedrigste Wert (0,006%C) wurde für jene Eisenerzeugnisse ermittelt, die bei H. Hagfeldts Versuchen entstanden. Bei seinem ersten Versuch (Nr. 09a-e) variierten die Kohlenstoffgehalte zwischen 0,07 und 4,36%. Bei seinem zweiten Versuch (Nr. 10a-j) ergab die Analyse einen Minimalwert von 0,006 und einen Maximalwert von 0,077% Kohlenstoff. Bei beiden Erzeugnissen handelt es sich um ungleichmäßig aufgekühlten Stahl. Hagfeldt hat die Erzeugnisse gezeichnet und die Probenentnahmestellen in diese Zeichnungen eingetragen. Somit ist die Verteilung des Kohlenstoffgehaltes in den Erzeugnissen genau festgehalten. Bei keinem anderen Versuch wurden so große Unterschiede zwischen den Kohlenstoffanteilen innerhalb eines Produktes gemessen wie bei dem Erzeugnis aus Hagfeldts erstem Versuch. Grundsätzlich aber ist eine ungleichmäßige Verteilung des Kohlenstoffes auch für die Produkte anderer Versuche kennzeichnend.

Ähnlich niedrige Kohlenstoffanteile wie bei Hagfeldts zweitem Versuch, d.h. Werte unter 0,1%C, wurden auch bei anderen Versuchen ermittelt: So gibt Voss (1973, 61) für einen von Thomsen durchgeführten Versuch den Wert von < 0,01%C an. Um welchen Versuch es sich dabei handelt, schreibt Voss jedoch nicht. Außerdem führt er keine weiteren Vergleichswerte an, so daß unklar bleibt, ob der genannte Wert den Kohlenstoffgehalt des Eisenerzeugnisses angemessen wiedergibt. Der Kohlenstoffgehalt eines Erzeugnisses von Sadzot wird durch fünf Werte eingegrenzt. Davon sind zwei Werte (Nr. 02d und e) - 0,07 und 0,06%C- ebenfalls geringer als 0,1%. Die anderen drei Werte (Nr. 02a, b, c) von 0,11 und 0,45 bzw. 0,87%C sind deutlich höher. Das Eisen eines Versuches von Gilles (Nr.08) hat einen Kohlenstoffanteil von 0,09%. Ebenso hat das Eisen der ca. 2kg schweren „Luppe“ aus dem großen Versuchsofen von Straube, Tarmann und Plöckinger (Nr. 15a-e, f, g) an mehreren Stellen nur geringe Kohlenstoffanteile von < 0,03 bis 0,08%. In anderen Bereichen ist

dieses Produkt jedoch bis zu 0,8% aufgekühlt. Auch das Erzeugnis des kleinen Versuchsofens war stellenweise (Nr.17a-c) nur bis zu 0,08% aufgekühlt, ansonsten aber stärker kohlenstoffhaltig. Der Höchstwert betrug 0,85%C. Einige Produkte der Versuche von Tylecote, Austin und Wraith hatten - so wie das Eisen des oben genannten Versuches von Hagfeldt - Kohlenstoffanteile unter 0,1%. Der Kohlenstoffanteil dieser Versuche (Nr. 21, 22, 24-26, 28, 29) wurde folgendermaßen ermittelt: Das Produkt wurde im Vakuum eingeschmolzen, gleichzeitig wurde die chemische Zusammensetzung spektralanalytisch ausgewertet.¹³⁰ Da Tylecote, Austin und Wraith für jedes Eisenerzeugnis nur einen Kohlenstoffwert angeben, wird es sich hierbei wahrscheinlich um einen Mittelwert handeln. Die Verteilung des Kohlenstoffes in den Erzeugnissen wurde demnach nicht erfaßt. Die Veröffentlichung enthält hierzu keine weiteren Angaben. Eines der Produkte hatte einen Kohlenstoffanteil von 0,01%, zwei andere wiesen 0,03% auf. Ebenfalls zwei Erzeugnisse enthielten 0,05% Kohlenstoff, für zwei weitere wird ein Wert von 0,07% genannt.

Die Werte eines Eisenerzeugnisses von Hagfeldt haben gezeigt, daß Kohlenstoffanteile von *weniger als 0,01%* in mehreren Produkten zumindest punktuell vorhanden sind. Sechzehn der insgesamt 34 analysierten Erzeugnisse hatten stellenweise Kohlenstoffanteile von 0,1% oder weniger. Jedoch entstanden nur in Versuchen von Hagfeldt sowie von S.Jakobsen, J. H. Larsen und L. E. Narmo Erzeugnisse, deren Kohlenstoffgehalte nicht nur teilweise, sondern in allen analysierten Proben geringer als 0,1% waren. Höher aufgekühltes Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt *bis etwa 2%* wurde bei mehreren Versuchen gewonnen. Das Produkt eines Versuches von Sadzot (Nr. 02a-e) war stellenweise zwar nur geringfügig aufgekühlt, in anderen Bereichen enthielt die Probe aber 0,11 bis 0,87% Kohlenstoff. Auch das Produkt des ersten Versuches von Hagfeldt (Nr. 09 a-e) enthielt teilweise 0,24 bzw. 0,87% Kohlenstoff. Bei einem Versuch Pleiners (Nr. 11) wurde ein

gleichmäßig bis etwa 0,8% C aufgekohltes Eisen erzeugt. Das Eisen von Mazur und Nosek (Nr. 14 a,b) hatte vorwiegend einen Anteil von 0,02%C oder weniger, stellenweise aber auch bis zu 0,8%C. Sowohl die ca. 2kg schwere „Luppe“ aus dem großen Versuchsofen (Nr. 15 h-p) als auch die „Luppe“ aus dem kleinen Versuchsofen (Nr. 17d-m) von Straube, Tarmann und Plöckinger hatte Kohlenstoffgehalte von etwa 0,1 bis 0,85%. Eine Probe der genannten „Luppe“ aus dem großen Versuchsofen ergab sogar 1,1%C. Etwa die Hälfte der Produkte von Tylecote, Austin und Wraith (Nr. 1823, 26, 30) hatten Kohlenstoffanteile von über 0,1%. Bei einem der Versuche (Nr. 18) wurde Eisen mit 1,8% erzeugt, das Produkt eines anderen Versuches (Nr. 19) enthielt 1,7% Kohlenstoff. Für 17 der insgesamt 34 in Tabelle VII aufgelisteten Erzeugnisse wurde stellenweise ein Kohlenstoffgehalt von etwa 0,1 bis 1,8% ermittelt.

Eisen mit Kohlenstoffanteilen von 2% oder mehr, also Roheisen, ist in sechs Eisenerzeugnissen enthalten gewesen. Hagfeldt hat in dem Produkt seines zweiten Versuches an zwei Stellen (Nr. 09 d, e) sehr hohe Kohlenstoffwerte gemessen, nämlich 2,2 und 4,36%C. Der letzte Wert ist zugleich der höchste ermittelte Wert überhaupt. Für die von Straube, Tarmann und Plöckinger in ihrem großen Ofen gewonnene etwa 1,2 kg schwere „Luppe“ wurde ein Durchschnittswert von 2,95%C angegeben.

b.) Grubenofenversuche

Kohlenstoffwerte von Erzeugnissen aus Grubenöfen wurden bisher nicht gezielt ermittelt. Die Veröffentlichung von Wynne und Tylecote (1958, 346) enthält lediglich eine Angabe zum Kohlenstoffgehalt (0,06-0,08%) nach zweistündigem Glühen des Erzeugnisses in einem Schmelzriegel bei 1250°C und anschließendem Ausschmieden. Tholander (1987, 144) schreibt zu einem von ihm durchgeführten Versuch („smelt no. 18“): „the occurrence of pearlite is quite rare, whilst cementite as needles is the most common form for the carbon

content in smelt 18.“ Er belegt diese Aussage mit zwei Schliffbildern, verweist jedoch darauf, daß die Masse des Eisens beider Aufnahmen als Ferrit (max. 0,02%C) anzusprechen sei. Wurmbrand (1875, 152) hebt besonders hervor, daß es sich bei dem von ihm gewonnenen Eisen nicht um „Roheisen“, sondern um „gutes Schmiedeeisen“ gehandelt habe. Er ließ „sofort ohne irgend weiteren Process eine Reihe von Proben ausschmieden“ (ebd.). Es sind dies bisher die einzigen vorliegenden Angaben zum Kohlenstoffgehalt des Eisens aus Grubenöfen.

c. Ergebnisse

Die Erzeugnisse der Versuche in Schachtöfen sind normalerweise ungleichmäßig aufgekühlt; niedrige Kohlenstoffanteile (0,1%C) sind in mehreren Produkten zumindest stellenweise vorhanden. Eine Besonderheit stellt in diesem Zusammenhang das Erzeugnis aus Hagfeldts zweitem Versuch dar: Sämtliche Proben dieses Produktes ergaben Kohlenstoffwerte unter 0,1%. Höhere Kohlenstoffwerte (0,1-2%C) wurden ebenfalls für mehrere Erzeugnisse ermittelt. Besonders hervorzuheben ist hier das Ergebnis eines Versuches von Pleiner, da dieses Produkt gleichmäßig 0,6 bis 0,9% Kohlenstoff enthielt. Roheisen (= 2%C) wurde hingegen nur in wenigen Versuchen erzeugt. Es gibt sowohl Stahlerzeugnisse, die nur stellenweise Roheisen enthalten, als auch reine Roheisenerzeugnisse. Ein Zusammenhang zwischen Schachtofentyp und der Eisenaufkohlung ist nicht zu erkennen, da die Erzeugnisse ohnehin ungleichmäßig aufgekühlt sind. Roheisen entstand in den Ofentypen Alb, Alla und Allb. In allen diesen Ofentypen wurde aber auch Stahl unterschiedlichen Kohlenstoffgehaltes erzeugt. Die Angaben zum Kohlenstoffgehalt der Erzeugnisse aus Grubenöfen sind für einen Vergleich zwischen Schacht- und Grubenofenprodukten gänzlich unzureichend. Analyseergebnisse zur chemischen Zusammensetzung von Grubenofen-Eisen gibt es bisher nicht.

5. Weiterverarbeitung - Schmiedeversuche

Das Produkt des Verhüttungsprozesses ist stets ein mehr oder weniger kompaktes Konglomerat aus Eisen, Schlacke und Holzkohle. Bevor entweder Halbfertigerzeugnisse wie zum Beispiel Eisenbarren oder Endprodukte verschiedener Art aus dem Eisen geschmiedet werden können, muß es gereinigt, d.h. von Schlacke und Holzkohle getrennt werden. Im folgenden sollen Versuche zur Weiterverarbeitung des Verhüttungserzeugnisses sowie Schmiedeversuche vorgestellt werden. Dabei ist zum einen ein Überblick über die bisher angewandten Verfahren angestrebt. Zum anderen soll geklärt werden, ob und wie hoch aufgekohltes Eisen aus Rennfeueröfen geschmiedet - oder wenn dies nicht möglich war - wieder entkohlt werden konnte. Die Arbeiten von Hamann, Gilles und Thomsen werden ausführlicher besprochen, andere Versuche werden anschließend in knapper Form wiedergegeben.

Die Versuche von Hamann

a.) Wiederverhüttung von Eisenschwamm

Vom archäologischen Fundplatz Auberg bei Süderschmedeby (Gemeinde Sieverstedt), Kreis Schleswig-Flensburg, sind Befunde bekannt, die H.Hingst (1973, 249 f.) als Rennfeuerofenreste deutete. Dort wurden nach Hamann (1986, 82) Schlacken mit „horizontaler Fließstruktur“ gefunden, von „anderen Fundplätzen“ seien jedoch Schlacken mit „vertikaler Fließrichtung“ bekannt. Hamann vermutete, daß diese unterschiedlichen Schlacken zwei verschiedenen Ofentypen entstammen. Darüber hinaus stellte er (ebd.) die Frage, „ob beide Ofentypen zum gleichen Arbeitsergebnis führten oder zu einem Prozeß gehörten, während dessen zunächst in dem einen, dann im zweiten Ofentyp verhüttet wurde.“

Um diese Frage zu beantworten, führte Hamann einen Versuch im Ofen des Typs Auberg (Typ Alb) und einen Versuch im

Ofen des Typs Scharmbeck¹³¹ (Typ Ala) durch. Im Scharmbeck-Ofen wurde aus 24,5 kg geröstetem Raseneisenerz 3,925 kg „Eisenschwamm“ gewonnen. Der Auberg-Ofen wurde mit dem „Eisenschwamm“ des Scharmbeck-Ofens und 7,5 kg Holzkohle beschickt. Das Ergebnis dieses Versuches war eine 1 mm starke, biegsame Eisenschicht. Auf dieser Eisenschicht habe sich der „Rückstand“ des verhütteten „Eisenschwammes“ als „lose, schwammartige Schlacke“ befunden. Die Eisenschicht sei mit der darunterliegenden, hauptsächlich horizontales „Strukturgefüge“ aufweisenden Schlacke verschmolzen gewesen und habe sich von dieser nicht „ablösen“ lassen. Um das Eisen zu gewinnen, müsse die Schlacke zertrümmert werden. Dieses Ergebnis seiner Versuche sieht Hamann durch zahlreiche auf dem Auberg gefundene „Schlackenreste mit horizontaler und homogener Fließstruktur“ bestätigt.¹³² Bis auf eine Ausnahme seien nur entsprechend zerschlagene Fließschlackenklotze gefunden worden.¹³³ Hätte Hamann Fundstücke vorweisen können, deren Gefüge und chemische Zusammensetzung mit dem von ihm gewonnenen Eisen identisch ist, so wäre dies ein starkes Argument für seine Theorie gewesen. Entsprechende Vergleichsanalysen führt Hamann aber nicht an. Es ist somit keineswegs sicher, daß die Öfen vom Auberg tatsächlich für die Verhüttung von „Eisenschwamm“ benutzt wurden. Ebenso ist unbekannt, ob bzw. inwiefern Gefüge und Kohlenstoffgehalt des Eisens durch eine Wiederverhüttung von „Eisenschwamm“ verändert wird. Analysen sind nicht durchgeführt worden. Folglich ist unbekannt, welchen Einfluß das von Hamann praktizierte zweistufige Verfahren auf die Eigenschaften des Eisens hatte. Bekannt ist lediglich, daß das Eisengebilde seine äußere Form geändert hatte. Versuche, das Eisen zu schmieden, sind nicht erfolgt.

b.) Schmelzriegel-Simulation

Bereits in einer früheren Veröffentlichung (Hamann 1982, 418) wurden Versuche be-

schrieben, die in Zusammenarbeit mit R.Thomsen durchgeführt worden waren. Dabei sind kleine Eisenteilchen in der Vertiefung eines Schamottesteines mit einem Schweißbrenner verflüssigt und zu einem größeren Stück verschmolzen worden. Diese Versuche sollten die Vereinigung von Eisenteilchen innerhalb eines im Schmiedefeuer erhitzten Schmelztiegels nachahmen. Da wiederum keine Eisenanalysen durchgeführt wurden, ist nicht bekannt, ob das angewandte Verfahren einen Einfluß auf den Kohlenstoffgehalt hatte.

Die Versuche von Gilles

a.) Matakam-Prinzip

Gilles (1960, 943) führte seine Versuche zur Weiterverarbeitung von Eisen nach einem aus ethnographischen Quellen bekannten Verfahren der Matakam (Kamerun)¹³⁴ durch. Eisenstücke wurden in Tiegel gefüllt, mit „Lehmbrei“ abgedeckt, und die Tiegel anschließend in einem Holzkohlefeuer erhitzt. Die Tiegel zerbrachen bei den Versuchen jedoch oft im Feuer. Der Inhalt aus zwei Tiegeln von je 0,5 kg konnte zu einem Eisenstab (1 x 1,6 x 28 cm) von 340 g ausgeschmiedet werden. Versuche, Eisengranalien in Lehm zu packen und ohne Tiegel im Holzkohlefeuer zu erhitzen, sind jedoch gescheitert. Die Publikation enthält weder Angaben zum Einfluß dieses Verfahrens auf den Kohlenstoffgehalt des Eisens noch Angaben zu Zeit und Temperatur.

Die von Gilles (1960, 945) als „Rohluppen“ bezeichneten Erzeugnisse seines Verhüttungsversuches „VersuchIV“ wurden in „Lehmbrei getaucht“ und dann in einem 65cm hohen Schachtofen mit Gebläse „eingeschmolzen“. Insgesamt wurden 42,5 kg Holzkohle und 26,5 kg „mit Lehmbrei überzogene kleinere Luppen“ eingegeben. Das Produkt dieses Vorganges, eine „schwammartige Hauptluppe“, wird von Gilles (1960, 946) folgendermaßen beschrieben:

„Die schwammartige Hauptluppe war dünnblättriger als die der ersten Schmelze. Sie hatte viel weniger Schlacken-, dafür aber mehr Holzkohlen-Einschlüsse. Einige der papierdünnen Eisenblätter lagen wie trockene Laubblätter auf den Holzkohlestücken.“

Aus den eingegebenen 26,5 kg „Rohluppen“ seien 5,7 kg „schmiedbare Luppen“ gewonnen worden. Die noch glühende „Hauptluppe“ wurde mit einem Holzschlegel „etwas platt“ geschlagen. Es wurde sowohl die chemische Zusammensetzung der Luppen des ersten Verhüttungsganges als auch die Zusammensetzung der Luppen des zweiten Verhüttungsganges ermittelt. Für das Eisen der ersten Verhüttung wird ein Kohlenstoffgehalt von 0,11% genannt, für das Eisen der folgenden Verhüttung werden die Werte 0,22 und 0,12% angegeben.¹³⁵ Das Eisen scheint also durch die Wiederverhüttung mit Kohlenstoff angereichert worden zu sein. Da Gilles jedoch nicht ausführt, ob die Werte punktuelle Kohlenstoffgehalte wiedergeben, oder ob es sich um Durchschnittswerte handelt, kann nicht mit Sicherheit gefolgert werden, daß der Kohlenstoffgehalt während des zweiten Verhüttungsvorganges tatsächlich generell erhöht wurde.

In einem weiteren Arbeitsgang hat Gilles das so gewonnene, weitgehend von Schlacke befreite Eisen in einem Schmiedefeuer erneut erhitzt. Die hellrot glühenden „Luppen“ wurden dann „ausgebreitet“ und nach erneutem Erhitzen zu „Stäbchen von 2 x 1,5 und 1,5 x 1 cm Querschnitt“ geschmiedet. Anschließend wurde versucht, diese 5 bis 10 cm langen Stäbchen zu einem längeren Stab zusammenschweißen. Der Kohlenstoffgehalt des im Schmiedefeuer geglühten und anschließend ausgeschmiedeten Eisens wurde nicht ermittelt. Folglich ist es unmöglich zu beurteilen, ob das Eisen durch diese Schmiedevorgänge aufgekocht oder entkocht wurde. Möglicherweise blieb der Kohlenstoffgehalt im wesentlichen unverändert. Da die Ermittlung des Einflusses dieser Verfahren auf den Kohlenstoffgehalt

des Eisens nicht Gilles' erklärtes Anliegen war, äußert er sich hierzu nicht.

Die Versuche von Thomsen

Umfangreiche Versuche zur Weiterverarbeitung von Eisen aus Rennfeueröfen hat Thomsen im Jahre 1964 veröffentlicht. Bei seinen Versuchen wurden einerseits Verfahren getestet, Eisenstücke miteinander zu verschweißen. Andererseits probierte Thomsen, Eisen mit Kohlenstoff anzureichern bzw. zu entkohlen und dieses Eisen anschließend zu schmieden.¹³⁶ Die Durchführung der Versuche wurde teilweise durch metallographische Analyseergebnisse von frühmittelalterlichen Eisenbarren aus der Siedlung von Haithabu bei Schleswig beeinflusst. Einige bei der Analyse der Barren gemachte Beobachtungen sollten experimentell überprüft werden.

a.) Aufkohlung

Bei der Analyse der Haithabu-Barren war beobachtet worden, daß diese bis 1 mm mächtige aufgekohlte Schichten und Teilbereiche enthielten. Um zu prüfen, in welcher Zeit Eisen bis zu einer entsprechenden Tiefe aufgekocht werden kann, führte Thomsen folgenden Versuch durch: Drei Eisenstücke, deren Kohlenstoffgehalt nicht genannt wird, wurden zusammen mit Holzkohlepulver in Schmelztiegel gefüllt. Nach drei Stunden in einem elektrisch betriebenen Laborofen waren die Eisenstücke bis auf 1150°C erhitzt. Fünfzehn Minuten nachdem diese Temperatur erreicht worden war, entnahm Thomsen dem Schmelztiegel das erste Stück Eisen, das zweite nach 75 Minuten und das dritte Stück nach 105 Minuten. Die Aufkohlungstiefe der Eisenstücke in der Reihenfolge der Entnahme aus dem Tiegel betrug 0,6 und 1,4 und 2 mm. Die Höhe des Kohlenstoffanteils hat Thomsen nicht ermittelt. Aus seinen weiteren Ausführungen geht jedoch hervor, daß der aufgekohlte äußere Bereich ein perlitisches Gefüge aufwies. Es dürfte

sich folglich um einen Kohlenstoffgehalt von etwa 0,8% gehandelt haben.

b.) Entkohlung

Das dem Tiegel zuletzt entnommene Stück Eisen wurde dreimal in einer Schmiedeeesse auf 1250°C erhitzt und nach jedem Erhitzen durch Hämmern verdichtet. Danach hatte das Eisenstück nur noch die Hälfte der ursprünglichen Dicke. Eine anschließende Untersuchung zeigte, daß das Eisen durch diese Verfahrensweisen nicht merklich entkohlt worden war. Auch nach weiterem dreimaligen Glühen und Hämmern bis auf ein Zehntel der ursprünglichen Dicke war keine Abnahme des Kohlenstoffanteils erkennbar. Thomsen erklärt diese Tatsache so, daß die aus dem Eisen durch Hämmern herausgequetschte Schlacke die Oberfläche des Eisens möglicherweise vor einer Oxidation, d.h. vor dem Entzug von Kohlenstoff, geschützt hatte.

c.) Verschweißen

Das Verschweißen kohlenstoffhaltigen Eisens erwies sich entgegen Thomsens Erwartungen als schwierig. Ursprünglich hatte er vermutet, daß ein höherer Kohlenstoffanteil das Verschweißen von Eisenstücken erleichtere, da die Schweißtemperatur von kohlenstoffreichem Eisen geringer ist als die von kohlenstoffarmem Eisen. Bei der Analyse der Eisenbarren aus Haithabu waren aufgekohlte Streifen entlang der Übergangzone von miteinander verschweißten Eisenstücken erkannt worden. Diese Streifen müssen nach Ansicht Thomsens durch Lagen von Holzkohle oder anderem organischen Material entstanden sein. Dementsprechend führte er einen Versuch durch, bei dem zwei Eisenstücke verschweißt werden sollten. Zwischen die beiden Eisenstücke wurde Holzkohle gelegt. Bei diesem Versuch gelang es zwar, die Eisenstücke miteinander zu verschweißen und eine Aufkohlung der Schweißzone zu erreichen, jedoch blieb

der Kohlenstoffgehalt der Schweißnähte geringer als bei den Eisenbarren aus Haithabu. Die Holzkohle hat nach Thomsen das Verschweißen des Eisens nicht wie erwartet erleichtert, sondern erschwert: Die Oberflächen der Eisenstücke seien vielmehr aufeinander gerutscht, anstatt sich miteinander zu verbinden.¹³⁷

Neben diesem Versuch hat Thomsen zwei weitere Methoden, kleine Eisenstücke zu einem größeren Stück zu verbinden, getestet: Er unterscheidet zwischen der Möglichkeit, Eisen flachzuhämmern und anschließend zu verschweißen („packet-welding“), und dem Verbinden von Eisenstücken in Schmelzriegeln.

d.) Schmelzriegel

Für den ersten Versuch mit Schmelzriegeln wurde ein dünnwandiges Keramikgefäß benutzt. Dieses ist bereits nach einer Stunde im Schmiedefeuer geschmolzen, als die Temperatur des darin enthaltenen Eisens 1020°C erreichte. Die Wandstärke dieses Gefäßes wird nicht angegeben. Für einen weiteren Versuch wurde ein Schamottetiegel mit 10mm Wandstärke verwendet. Das untere Viertel des Tiegels enthielt Holzkohle, dann folgten schlackehaltige Eisenstücke und darüber wiederum Holzkohle. Während des Erhitzens dieses Tiegels im Schmiedefeuer wurde Eisen und Holzkohle nachgefüllt. Insgesamt sind 85 Eisenstücke mit einem Gesamtgewicht von 755 g eingegeben worden. Diese hatten sich, so Thomsen, zu einem schwammigen Eisenklumpen („a large lump of sponge-iron“) von 260g vereinigt. Die entstandene Schlacke wog 490 g.

Der Eisenklumpen eines zweiten Versuches mit einem Schmelzriegel wurde bei 1300°C mit Zangen zu einem im Querschnitt quadratischen Eisenbarren gepreßt („squeezed“) und anschließend weiter ausgeschmiedet. Dabei zerbrach der Barren in mehrere Teile. Der Kohlenstoffgehalt des Eisens ist, ebenso wie bei dem vorhergehenden Versuch, nicht ermittelt worden.

Somit ist nicht bekannt, ob der Kohlenstoffanteil durch das Ausschmieden beeinflusst wurde. Zusätzlich zu dem soeben wiedergegebenen Versuch mit von außen erhitzten Schmelzriegeln wurden auch Versuche in „Tiegelöfen“ („crucible-forge“) mit abgeschlossenem Blasebalg durchgeführt. Da jedoch kein Eisen mehr verfügbar war, erfolgten die Versuche nur mit Holzkohle und Schlacke, um die erreichbaren Temperaturen zu ermitteln. Es wurde eine Höchsttemperatur von 1280°C gemessen.

e.) Packet-welding

Für die von Thomsen als packet-welding bezeichnete Schmiedetechnik ist das Eisen der Schmelzriegel-Versuche verwendet worden. Die Eisenstücke wurden bis zu einer Dicke von 12 mm geschmiedet und dann in Schichten übereinandergelegt, wobei die äußere Lage dieses „Schichtenpaket“ einseitig umschloß.¹³⁸ Zwischen die Schichten wurde Holzkohlepulver gestreut, um das Eisen lagenweise aufzukohlen. Dieses „Paket“ wurde dann im Schmiedefeuer langsam erhitzt, um damit die Lagen miteinander zu verbinden. Durch mehrfaches Erhitzen und Hämmern sei das „Paket“ zu einer kompakten Masse verschweißt worden. Der Aufbau dieses Erzeugnisses sei mit dem eines Haithabu-Barren identisch gewesen.¹³⁹

Die von Thomsen durchgeführten Versuche zeigen verschiedene Möglichkeiten, kleine Eisenstücke zu größeren Stücken zu vereinen. Auch die dabei auftretenden Schwierigkeiten wurden offensichtlich. Für das Verständnis der beim Schmieden der Haithabu-Barren angewendeten Verfahrensweisen haben diese Versuche sicherlich wesentliches beigetragen. Die Frage, wie hoch aufgekohelter Stahl aus Rennfeueröfen geschmiedet oder wieder entkohlt werden kann, ist durch diese Versuche jedoch nicht beantwortet worden. Der Einfluß der verschiedenen Verfahrensweisen (Glühen, Ausschmieden, Einschmelzen im Tiegel) auf den Kohlenstoffgehalt des Eisens wurde nur ungenügend erfaßt.

Sonstige Schmiedeversuche

Friede und Steel (1977, 239f.) haben vier verschiedene Methoden angewandt, um in eigenen Verhüttungsversuchen gewonnenes Eisen weiterzuverarbeiten. Am erfolgreichsten und einfachsten sei es gewesen, größere Stücke schmiedbaren, schwammigen Eisens zu dünnen, flachen Platten auszuhämmern. Diese seien im rotglühenden Zustand auch miteinander verschweißbar gewesen. Aus den Platten haben Friede und Steel einige kleine Pfeilspitzen und Rasiermesser geschmiedet.¹⁴⁰ Bei einem anderen Versuch wurden mehrere kleine Eisenstücke mit Lehm umkleidet und dann im Schmiedefeuer eine halbe Stunde lang bis zur Weißglut erhitzt. Danach wurde der Lehmklumpen mit einem Hammer zerschlagen, das entstandene Eisenkonglomerat erneut erhitzt und anschließend gehämmert. Dabei zerbrach der Eisenklumpen jedoch wieder in mehrere Stücke. Der Versuch, mehrere Eisenstücke in einer Tuyère miteinander zu verschweißen, war ebenfalls erfolglos. Dazu wurde das mit Eisenstücken gefüllte Tuyèrefragment an beiden Enden mit Lehm versiegelt und in einem Holzkohlefeuer erhitzt. Die Eisenstücke konnten so jedoch nicht miteinander verschweißt werden. Erfolgreich war hingegen der Versuch mit einem Tiegel. Mehrere Eisenstücke wurden in einen Tiegel gefüllt, dieser in ein weißglühendes Schmiedefeuer gestellt, mit Tonscherben abgedeckt und eine Stunde lang erhitzt. Das Produkt dieses Verfahrens war ein 99 g schwerer Eisenklumpen. Nähere Angaben zur Größe des Tiegels enthält die Publikation nicht. Die Verfasser schreiben lediglich, es habe sich um einen Ton- bzw. Lehmtiegel („clay crucible“) gehandelt. Analysen des Kohlenstoffgehaltes des Eisens vor und nach der Weiterverarbeitung werden nicht erwähnt. Versuche, größere Eisenbarren zu schmieden, waren erfolglos.

Pleiner (1969, 472) hat zwei Stücke des bei seinen Verhüttungsversuchen gewonnenen Eisens im rotglühenden Zustand zu einem größeren rechteckigen Stück und zu einer

Platte ausgeschmiedet.¹⁴¹ Ein anderer Versuch, kleinere, mit Holzkohlepulver gemischte und mit Lehm umkleidete Eisenstücke in einem Schmiedefeuer zusammenzuschweißen, war nicht erfolgreich. Der Lehm schmolz und das Eisen oxidierte, d.h. es verbrannte.

K. Roesch und H. H. Kühn (1976, 7) haben das von ihnen gewonnene „fast kohlenstofffreie“ Eisen¹⁴², um es aufzukohlen, in Holzkohle bei 1050°C geglüht. Das dann „oberflächlich etwas aufgekohlte“ Eisen wurde danach zu einem Dolch ausgeschmiedet. Das Gefüge habe „teils aus Ferrit mit etwas Perlit“ bestanden. Bei einem zweiten Versuch haben Roesch und Kühn „die Luppenteile in einem scharf betriebenen Schmiedefeuer mit tieferem Herd“ erneut für „längere Zeit“ erhitzt. Aus dem stellenweise „bis etwa 1%C“ aufgekohlten Eisen dieses Versuches wurde eine Speerspitze mit langem Schaft geschmiedet.¹⁴³ Das Eisen der Speerspitze hat stellenweise ferritisches Gefüge (00,02%C), in anderen Bereichen sind 0,8% Kohlenstoff vorhanden. Zweifellos kann also durch einfaches Glühen von Eisen im Holzkohlefeuer zumindest stellenweise der Kohlenstoffanteil erhöht werden.

Mazur und Nosek (1966, 38) haben das Produkt¹⁴⁴ eines ihrer Versuche in mehrere Stücke geteilt. Eines wurde im Holzkohlefeuer geglüht und gehämmert, um die restliche Schlacke auszutreiben. Das Ergebnis dieser Arbeiten war ein Eisenbarren von 10 x 10 x 150 mm (ebd. 34)¹⁴⁵, aus dem anschließend ein Messer¹⁴⁶ geschmiedet wurde. Die Schneide dieses aus Eisen mit ferritischem Gefüge bestehenden Messers wurde durch zweistündiges Glühen in einem Holzkohlefeuer bei etwa 1000°C und anschließendem Abschrecken in Öl gehärtet (ebd.36).¹⁴⁷

Cleere (1971, 214) schreibt, das bei seinem zweiten Versuch („trial2“) entstandene Eisenerzeugnis sei wiederholt erhitzt und gehämmert worden, um die eingeschlossene Schlacke auszutreiben und die Eisenstücke zu verschweißen. Das

Eisen sei dann zu kleinen Scheiben („small blanks“) mit noch verhältnismäßig hohen Schlackeanteilen geformt worden. Anschließend sei das Eisen zu kleinen Pfeilspitzen geschmiedet worden. Die metallographische Analyse habe unterschiedliche Kohlenstoffanteile erkennen lassen.

H. Barbré und R. Thomsen (1983, 153) schmiedeten aus dem Eisen eines Verhüttungsversuches „15-20“ Pfeilspitzen.¹⁴⁸ Nähere Angaben zur Schmiedetechnik werden nicht gemacht, auch bleibt gänzlich unverständlich, warum die Anzahl der geschmiedeten Pfeilspitzen nicht genau angegeben worden ist.

Zum Schluß sei auf den vor mehr als einhundert Jahren veröffentlichten Versuch des Grafen Wurmbrand (1875, 152) verwiesen, bei dem in einem Grubenofen gewonnenes Eisen ohne weitere Vorbehandlung zu Waffen, Stangen und anderem geschmiedet worden ist. Wurmbrand gibt jedoch keine Auskunft darüber, welche Verfahren beim Schmieden angewendet wurden.

Im Vorhergehenden wurden Versuche zur Weiterverarbeitung von Eisen aus Verhüttungsversuchen erörtert. In einigen Experimenten sollten kleine Eisenstückchen - entweder in Tiegeln oder mit Lehm umhüllt bei hohen Temperaturen (1000°C) zu größeren Eisenstücken verschweißt werden. Außerdem wurden verschiedene Verfahren, Eisen nachträglich mit Kohlenstoff anzureichern, getestet. Diese Versuche wurden mit unterschiedlichem Erfolg durchgeführt. Aus dem Eisen mehrerer Verhüttungsversuche konnten zwar Werkzeuge geschmiedet werden, es wurde bisher jedoch nicht geklärt, ob Eisen mit hohen Kohlenstoffgehalten - wie es beispielsweise bei einem Versuch von Hagfeldt entstanden ist - ebenfalls schmiedbar ist. Es ist außerdem unbekannt, ob bzw. wie Eisen - um es leichter schmiedbar zu machen - wieder entkohlt werden kann. Um diese Fragen zu beantworten, sind weitere Versuche notwendig.

6. Zusammenfassende Kritik der Versuche

Die Auswertung der bisher publizierten Versuche erfolgte in mehreren Schritten. Zuerst wurde erörtert, warum die *meßtechnische* Erfassung der Temperaturverteilung, des CO/CO₂-Verhältnisses und der zugeführten Luftmenge für das Verständnis der in einem Ofen während der Verhüttung herrschenden Reduktionsbedingungen notwendig ist. Tholander (1987) konnte durch zahlreiche Messungen zeigen, daß die bei bisherigen Versuchen gemessenen Temperaturen grundsätzlich mit kritischer Zurückhaltung zu bewerten sind. So wichen bei seinen Versuchen die gleichzeitig in derselben Höhe, aber in unterschiedlichen Abständen von der Schachtinnenwand gemessenen Temperaturen um mehrere hundert Grad voneinander ab. Folglich ist die Wahrscheinlichkeit, die tatsächlichen Minimal- und Maximalwerte bei Versuchen mit einer geringen Anzahl von Temperaturmeßstellen zu erfassen, nur sehr gering. Die entscheidenden Einflußgrößen (Temperatur, Gas, Luft) wurden bei den bisherigen Versuchen meist nur unzureichend erfaßt. Dies mag bei vielen Experimenten dadurch zu rechtfertigen sein, daß die notwendige technische Ausrüstung nicht verfügbar gewesen ist. Die während eines Versuches verbrauchten Materialmengen (Holz, Holzkohle, Erz) sowie die produzierten Materialmengen (Schlacke, Luppe, Eisen) - also die *quantitativen Daten* - können hingegen ohne großen technischen Aufwand ermittelt werden. Wenn der Versuchsablauf in einem *Protokoll* genau festgehalten wird, ist es möglich, diesen anschließend graphisch darzustellen. Besonders gut geeignet ist hierfür eine Darstellungsform, die zuerst von Cleere (1970), anschließend von U. Zimmermann (1985) und später auch von anderen Autoren gewählt wurde.¹⁴⁹ Eine solche *Graphik* ermöglicht es, die Daten der Versuche für spätere Auswertungen und zur Beantwortung bestimmter Fragestellungen zu nutzen.

Bei der durchgeführten Datenauswertung wurde offensichtlich, daß in zahlreichen

Publikationen nur wenige und überdies wenig aussagekräftige Daten angegeben werden. Folglich ist ein wesentliches Element wissenschaftlicher Experimente - die *systematische Datenerfassung* mit dem Ziel, durch eine spätere Auswertung zu neuen Erkenntnissen zu gelangen und neue Fragestellungen zu entwickeln - bei vielen Versuchen nur ungenügend berücksichtigt worden. Ebenso fehlen oft die für weitere Berechnungen benötigten *Materialanalysen (qualitative Daten)*. Beispielsweise konnte die prozentuale Eisenausbeute vieler Versuche von mir nicht ermittelt werden, da die hierfür notwendigen Angaben zum Eisenoxidgehalt des Erzes und zum Eisengehalt des Produktes (Luppe) oft nicht vorliegen.

In einem weiteren Abschnitt dieser Arbeit wurde versucht zu klären, ob es möglich ist, zwischen porösem Eisenschwamm und kompakter Luppe zu unterscheiden. Es wurde darüber hinaus geprüft, ob aufgrund der Erkenntnisse aus den bisherigen Versuchen ofentyp-spezifische Eisenerzeugnisse erkannt werden können. Die Auswertung der verfügbaren Beschreibungen, Zeichnungen und Fotografien von Eisenerzeugnissen aus Verhüttungsversuchen hat ergeben, daß es nicht möglich ist, eindeutig zwischen *Eisenschwamm* und *Luppe* zu unterscheiden. Die äußere Gestalt der Produkte sowie die Verteilung des Eisens in den entstandenen Schlacke-Eisen-Konglomeraten ist aber keineswegs einheitlich. Es gibt vielmehr verschiedenartige Erscheinungsformen - von kompakten Eisenansammlungen bis zu dünnen Eisenfolien. Ein regelhafter Zusammenhang zwischen Ofentyp und Eisenerzeugnis besteht jedoch offenbar nicht. Die Beschreibung der erzeugten Produkte ist häufig so ungenau, daß sie kaum eine eindeutige Vorstellung von den Erzeugnissen vermitteln kann. Aussagekräftige Fotografien sind überdies nur in einigen Publikationen enthalten.

Das erzeugte Eisen war teilweise in den oberen Bereichen der entstandenen Schlackeansammlungen enthalten, teil-

weise lag es aber auch in Form von Schlacke-Eisen-Konglomeraten im Bereich der Luftzufuhrdüsen oder war durch Schlacke mit der Schachtwand verschmolzen. Es muß an dieser Stelle kritisiert werden, daß der Inhalt der Verhüttungsöfen nach der Verhüttung nur selten detailliert beschrieben oder in Form von Zeichnungen und Fotografien wiedergegeben worden ist. Es ist somit kaum möglich, den Zustand der Öfen nach dem Versuch - insbesondere die Füllung der Schlackegrube bei Versuchen in Schachtöfen ohne Schlackeabstich - mit archäologischen Befunden zu vergleichen.

In einem folgenden Abschnitt wurde der *Entstehungsprozeß der Eisenerzeugnisse*, d.h. der Vorgang des Verbindens (Verschweißens) freigesetzten Eisens zu größeren Konglomeraten, sowie die Aufkohlung des Eisens erörtert. In diesem Zusammenhang wurde offensichtlich, daß die Vorgänge in Rennfeueröfen nur dann verständlich werden, wenn einerseits umfangreiche Messungen - insbesondere Temperaturmessungen - durchgeführt und andererseits bereits während der Verhüttung Proben des Ofeninhaltes genommen und später analysiert worden sind. Jede allein auf der Analyse der erzeugten Produkte beruhende Deutung der Vorgänge im Ofen, muß rein hypothetisch bleiben.

Die anschließende Auswertung der Angaben zum *Kohlenstoffgehalt der Eisenerzeugnisse* (Luppen) ergab, daß all jene Produkte, für die mehrere Kohlenstoffwerte angegeben worden sind, ungleichmäßig aufgekohlt waren. Dabei kann die Differenz zwischen dem Minimalwert und dem Maximalwert unterschiedlich groß sein. Die bekannten Kohlenstoffwerte variieren zwischen 0,006 und 4,36%; ein Zusammenhang zwischen Ofentyp und Kohlenstoffgehalt des Eisens ist aus den Analysedaten jedoch nicht ersichtlich. Allzuoft werden in den Publikationen die Kohlenstoffwerte angegeben, ohne auszuführen, aus welchem Bereich der Luppe die Probe genommen wurde. Außerdem wird vielfach nicht erläutert, ob der genannte Wert den

mittleren oder nur einen punktuellen Kohlenstoffgehalt wiedergibt. Da aber nicht nur die Höhe des Kohlenstoffanteils, sondern auch dessen Verteilung für die Eigenschaften des Eisens entscheidend ist, sind solche Angaben unzureichend. Als vorbildlich können hingegen die Publikationen von Straube, Tarmann und Plöckinger (1964) und Hagfeldt (1966) gelten. Sie enthalten unter anderem auch anschauliche Fotografien der erzeugten Luppen, in denen die Probenentnahmestellen eingezeichnet worden sind. Die Verteilung des Kohlenstoffs im Eisen ist somit genau dokumentiert worden.

Die bisher publizierten *Schmiederversuche* wurden in einem eigenen Kapitel abgehandelt. Es sind zwar mehrere Methoden der Weiterverarbeitung von Rennfeuerisen getestet und auch Eisenbarren, Pfeilspitzen und Messer geschmiedet worden - der Einfluß der verschiedenen Verfahren auf den Kohlenstoffgehalt und somit auf die Qualität des Eisens wurde bisher jedoch nicht systematisch ermittelt. Bei vielen Versuchen sind die hierfür notwendigen Kohlenstoffanalysen nicht durchgeführt worden. So ist nicht bekannt, wie kohlenstoffreiches Eisen - um es schmiedbar zu machen - wieder entkohlt werden kann.

Nur bei wenigen der bisherigen Experimente wurde angestrebt, den Einfluß bestimmter Faktoren (z. B. den des Mengenverhältnisses von Erz zu Holzkohle) auf den Erfolg der Versuche - im Sinne einer hohen Eisenausbeute - systematisch zu testen.¹⁵⁰ Idealerweise sollte aber durch eine möglichst große Zahl von Versuchen, bei denen jeweils nur eine Größe verändert wird, der Einfluß dieser einen Variablen auf das Ergebnis ermittelt werden.

Abschließend läßt sich folgendes festhalten. Neben der *fehlenden Systematik* in der Versuchsdurchführung sind viele Experimente durch eine *mangelhafte Datenerfassung* gekennzeichnet. Außerdem fehlen häufig grundlegende Materialanalysen, z.B. Erz- und Eisenkohlenstoffanalysen, so daß weder die Eigenschaften des Rohstoffes

noch die des Produktes bewertet werden können. Des weiteren enthalten zahlreiche Veröffentlichungen nur unzureichende Angaben zur Zielsetzung sowie zum Ablauf der Versuche. Der Informationswert von Publikationen, in denen diese Angaben völlig oder zumindest größtenteils fehlen, ist folglich nur sehr gering. Nach der hier geäußerten Kritik verwundert nunmehr nicht, daß in keiner einzigen Publikation gezielt auf die Ergebnisse anderer Arbeitsgruppen zurückgegriffen wurde, um darauf aufbauend weitere Experimente systematisch durchzuführen. Bei aller notwendigen Kritik soll die bisherige Arbeitsleistung und der Wert des experimentellen Nachvollzugs früher Eisenerzverhüttungs- und Schmiedetechniken nicht grundsätzlich in Abrede gestellt werden. Es bleibt jedoch zu hoffen, daß zukünftige Versuche systematischer durchgeführt, besser dokumentiert und umfassender publiziert werden. Da die Durchführung umfangreicher Projekte mit einer großen Zahl von Verhüttungsdurchgängen und einer ausführlichen Publikation der Versuche nicht ohne einen beträchtlichen finanziellen, personellen und zeitlichen Aufwand möglich ist, wird dies nur im Rahmen von gezielten Forschungsvorhaben zu verwirklichen sein.

Anmerkungen:

- 1) Dieser Aufsatz stellt die überarbeitete und gekürzte Fassung meiner im Jahre 1989 an der Universität Hamburg unter der Leitung von Prof. Dr. M.K.H. Eggert (jetzt Tübingen) erarbeiteten Magisterarbeit dar. Nach 1989 veröffentlichte Versuche wurden nur ausnahmsweise berücksichtigt. Die entsprechenden Stellen wurden gekennzeichnet. Die Publikationen von J. Lund (1988) und V. Souchopová/K. Stránský (1989 und 1991) wurden mir erst nach Abschluß der Examensfassung bekannt und fanden auch in der vorliegenden Überarbeitung keine Berücksichtigung mehr. Verschiedene kulturgeschichtliche Aspekte, die sich aus den Versuchsergebnissen ergeben, wurden in diesem Aufsatz nicht oder nur ganz oberflächlich angesprochen. Der Verfasser hofft, hierauf an anderer Stelle näher eingehen zu können.
- 2) Zu ethnographischen Berichten siehe W. Cline (1937) und F.J. Kense (1983), als historische Quelle ist besonders bedeutsam Georgius Agricola (1556).

- 3) Die spezielle Problematik von metallographischen Artefakt- und Schlackeanalysen wird im folgenden nicht erörtert werden. Siehe hierzu die grundlegenden Arbeiten von H.-G. Bachmann (1982) und G. Sperl (1980).
- 4) Es sei außerdem auf die Ausführungen von H. Amborn (1976, 13ff.); F.-J. Ernst (1966, 39ff.); H. Moesta (1983, 153ff.); G.R. Morton/J. Wingrove (1970) u. H. Straube/B. Tarmann/E. Plöckinger (1964, 8ff.) verwiesen.
- 5) Siehe meine Abb. 2 und 3.
- 6) Mit diesen Bezeichnungen ist jedoch nicht die Unterscheidung zwischen dem direktem Verfahren der Stahlgewinnung (Rennfeuer) und dem indirektem Verfahren der Stahlgewinnung (Hochofen) gemeint.
- 7) Siehe M. Bartuska/R. Pleiner (1965, 19) sowie Schürmann (1958, 1297) und W. Oelsen/E. Schürmann (1954).
- 8) Siehe das Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff (Amborn 1976 Abb. 5; Domke 1982, 80 Bild 29), meine Abb. 4 und 5.
- 9) Die Zusammensetzung von Hochofenschlacke und Rennfeuerschlacke ist keineswegs identisch. Der Eisenanteil in Rennfeuerschlacken ist wesentlich höher; die Eisenausbeute ist also geringer.
- 10) Um diese Bilder anfertigen zu können, wird die Oberfläche des Eisens plan geschliffen, poliert und anschließend geätzt. Wenn die so präparierte Fläche in einem bestimmten Lichteinfallwinkel angestrahlt wird, ist die Verteilung des Kohlenstoffs im Eisen, d.h. das Gefüge des Eisens, aufgrund von Licht- und Schattenwirkung mikroskopisch sichtbar. Da der Kohlenstoffgehalt bestimmter Gefüge bekannt ist, kann nun der Kohlenstoffanteil des im Schliffbild sichtbaren Gefüges analog bestimmt werden. So hat beispielsweise ein ferritisches Gefüge höchstens 0,02 % C, ein rein perlitisches Gefüge hat 0,8 % C und ein rein zementitisches Gefüge (Fe₃C) hat 6,67 % C (Domke ebd. 79ff.). Vgl. Abb. 4 und 5.
- 11) Tholander (1987, 87) zum Einfluß kleinräumiger Temperaturunterschiede: „the knowledge of the corresponding matters in low shaft furnaces, type bloomery, for the reduction of iron ores directly into malleable iron, has been next until non-existing because of badly performed measurements in most modern experiments.“
- 12) Zu den Daten siehe ebd. 56ff.
- 13) Siehe ebd. 89ff. Abb. 7:1 bis 7:3 (niedriger Schachtofen); 94f. Abb. 7:4 bis 7:6 (Grubenofen); 99f. Abb. 7:9 u. 7:10 (hoher Schachtofen); hierzu meine Abb. 7 bis 10.
- 14) Bei Tholandern Versuchen in Grubenöfen wurden Luftmengen von 30 bis 225 l/min zugeführt und maximale Temperaturen von 1540 °C gemessen. Dieser Temperaturwert gilt für einen Versuch mit 190 l/min. Die Versuche im niedrigen Schachtofen wurden vorwiegend mit Luftmengen von 100 bis 300 l/min durchgeführt. Bei einem Versuch wurde eine Höchsttemperatur von 1550 °C bei einer Luftmenge von 300 l/min gemessen.

Während des einzigen Versuches im hohen Schachtofen wurde bei einer Luftmenge von 600 l/min eine Höchsttemperatur von über 1500 °C angezeigt. Siehe Tholander 1987, 74, 76, 83 u. 95, Abb. 6:7 u. 7:6, Tab. 6:1.II u. III.

- 15) Der Begriff „Düse“ bezeichnet hier eine Röhre, die als Verbindungsstück zwischen Ofen und Blasebalg bzw. Gebläse dient. Mehr oder weniger vollständige Düsen bzw. Tonröhren sind aus archäologischen Befunden Afrikas sowie aus ethnographischen Berichten bekannt, doch scheinen entsprechende Belegstücke im europäischen Kontext überraschenderweise weitgehend zu fehlen. Im folgenden verwende ich auch den allgemein gebräuchlichen Terminus Tuyère. - Zum Problem des Vorwärmens der Gebläseluft mit Hilfe von weit in den Ofenraum reichenden Tuyères siehe J.E. Rehder (1986) sowie die eingehende Kritik von M.K.H. Eggert (1985 und 1987).
- 16) H. Cleere (1970, 15) schreibt, daß ein elektrisches Gebläse (450 l/min) und ein Staubsauger (250 l/min) zur Verfügung standen. Um die Leistung des Gebläses zu drosseln, wurde der Abstand zwischen der Düse des Gebläses und der Tuyère vergrößert. Der Staubsauger wurde nicht verwendet.
- 17) Bei Tylecote (1969, 65) heißt es hierzu: „Total consumption after the first charge of ore would seem to be 65 lb of charcoal and 46 lb of ore. ... The burning rate of 12.6 lb/h compares very well with the rate of 16 lb/h for a forced draught of 300 l/min, and suggests that the effective flow is of the order of 240 l/min.“
- 18) Siehe H.M. Friede/R.H. Steel 1977, 236 Tab. II.
- 19) G. Weisgerber/Chr. Roden (1985, 17) nennen Bildquellen, Schriftquellen und archäologische Fundstücke von Blasebälgen. Demnach waren Schlauchblasebälge zumindest in Teilen des heutigen Europas (Frankreich, Spanien, Italien, Dänemark) bereits in der vorrömischen Eisenzeit bekannt.
- 20) Siehe hierzu das Schaubild von R. Durrer (1942, 66 Abb. 34), meine Abb. 6.
- 21) Hierzu H. Holsten/F. Nikulka (1990, 392) und auch H.-V. Garbers (1990, 403).
- 22) Zu Analysedaten von Luppenfunden siehe Straube/Tarmann/Plöckinger (1964, 36ff.) und Tylecote (1962, 203, 242f. Tab. 80; 263 Tab. 86).
- 23) Die Tatsache, daß das Gas beim Aufsteigen im Ofen zuerst den Bereichen der höchsten Temperaturen folgt, dürfte eine Ursache des unterschiedlichen Aufkohlungsgrades des Eisens sein.
- 24) Siehe Tabellen I bis VI im Anhang.
- 25) Siehe hierzu Abb. 26.
- 26) Der Begriff „Luppe“ soll hier zunächst alle Eisenerzeugnisse bezeichnen. Auf die Unterscheidung von „Luppe“ und „Eisenschwamm“ wird später eingegangen werden.
- 27) Die Angabe des „im Erz enthaltenen Eisens“ bezeichnet stets den durch stöchiometrische Berechnungen ermittelbaren Gehalt an Fe.
- 28) Zusätzlich zu den in Tabelle I bis VI aufgelisteten Daten wurden Werte aus folgenden Publikationen

- berücksichtigt: Holsten/Nikulka 1990 und L. Nørbach 1993.
- 29) Die Literatur zur experimentellen Eisenerzverhüttung enthält eine Anzahl weiterer Rechenbeispiele. Es würde zu weit führen, die entsprechenden Angaben hier im Einzelnen vorzustellen; somit mag es genügen, auf folgende Publikationen zu verweisen: K. Bielenin 1973b, 100; ders. 1976, 14; H. Hamann 1986, 84; ders. 1988, 178f.; Nørbach 1993; R. Pleiner 1964, 47; Tylecote 1980, 218; R.F. Tylecote/J.N. Austin/A.E. Wraith 1973, 38 sowie O. Voss 1962, 30.
- 30) Bielenin 1985, 190.
31) J.W. Gilles 1960, 944.
32) Gilles 1957, 280.
33) J. Percy 1864, 582.
34) Gilles 1957, 280.
35) Sperl 1988, 6.
36) E. Nosek 1985, 168.
37) M.J. O'Kelly 1961, 460.
38) Gilles 1958, 1695.
39) Cleere 1971, 204
40) Pleiner 1969, 468.
41) Nosek 1985, 166.
42) A. Mazur/E. Nosek 1966, 38.
43) R. Thomsen 1963, 72.
44) B. Osann 1971, 134.
45) Mazur/Nosek 1966, 38.
46) Percy 1864, 582.
47) Beispielsweise Osann (1971, 134).
48) So beispielsweise M. Radwan/R. Pleiner (1963, 70): „Die Versuche Nr. 2, 7, 9 und 10 waren sehr erfolgreich, es wurden ziemlich grosse Schlackenmengen abgestochen und guter Eisenschwamm (Luppe) gewonnen.“
49) Gilles 1960, 944.
50) Moesta 1983, 153.
51) Ebd. 947.
52) Gilles 1960, 948.
53) E.J. Wynne/R.F. Tylecote 1958, 346.
54) Bielenin 1976, 14.
55) Pleiner 1968, 166.
56) M. Cenek et al. 1975, 85.
57) Pleiner 1968, 166.
58) Wenngleich ein solcher Ofen in seiner Bauweise mit prähistorischen Rennfeueröfen nicht identisch ist, so handelt es sich doch in beiden Fällen um das direkte Verfahren der Stahlgewinnung. Siehe auch Anm. 6 sowie meine Abb. 11.
59) Cleere (ebd.) verweist in diesem Zusammenhang auf einen ethnographischen Bericht (ders. 1963), ohne nähere Angaben zu machen. - Zur Verhüttung in Grubenöfen siehe auch J. Russegger (1844, 290ff.), F. Van Noten/E. Van Noten (1974), F. Van Noten (1983) und F. Van Noten/J. Raymaekers (1988) sowie Beschreibungen des neuzeitlichen Verfahrens der Verhüttung in Grubenöfen nach Art des Katalan-Herdes bei J.M. François (1843). Schilderungen des Verfahrens enthalten auch die Arbeiten von Percy (1864, 519ff.), L. Beck (1891, 784ff.) und B. Neumann (1954, 30f.).
60) Cleere (ebd. 213) beruft sich auf einen seiner Versuche (Versuch Nr. 2), bei dem die Schlacke für einen bestimmten Zeitraum kontinuierlich aus dem Ofen abgelassen werden konnte. Die Beschreibung der Luppe bezieht er jedoch weder ausdrücklich auf seine noch auf andere Versuche.
- 61) Alle folgenden Verweise und Zitate beziehen sich auf Bartuska/Pleiner (1965, 19). Bereits 1964 hat Pleiner seine Überlegungen zur Bildung von Eisenschwamm und Luppe in der Arbeit „Die Eisenerzverhüttung in der 'Germania Magna' zur römischen Kaiserzeit“ dargelegt. Siehe hierzu besonders die Seiten 17f., 25f., 36 und 45.
62) Für diese Aussagen erbringen die Verfasser keine Belege. Sie nennen zwar Ofenbefunde (ebd.), diese werden jedoch lediglich als Beispiele der Ofentypen angeführt.
63) Wenn nicht anders angegeben beziehen sich die folgenden Zitate auf Osann (1971, 134).
64) Die zitierten Behauptungen kann Osann in seinen weiteren Ausführungen (ebd. 135ff.) weder durch Schriftquellen noch durch archäologische Befunde, Fundstücke oder Versuche belegen.
65) Siehe Wynne/Tylecote 1958, 343 Abb. 11.
66) Ebd. 345 Abb. 14.
67) Tylecote/Austin/Wraith (1973, 31): „The blooms were positioned ... below the tuyere attached to the front wall“. Diese Beobachtung wird von Tholander (1987, 71) bestätigt: „In all the experimental smelts, with exception of No. 4, a bloom was formed in front of and beneath the tuyere mouth“. Tholander belegt diese Aussage mit mehreren anschaulichen Fotos. Siehe Tholanders Tafel VI:1 Fotos a,b,c und d.
68) So schreibt J. Sadzot (1956, 569): „Nous avons obtenu des loupes bien agglomérées, toujours au nez de la tuyère“. Ähnlich heißt es bei Straube/Tarmann/Plöckinger (1964, 26f.): „Unmittelbar vor den Blasdüsen waren nicht nur kleinere Eisenteile vorhanden, sondern vergleichsweise sehr große Eisenskluppen, die von flüssig gewesener Schlacke umgeben waren.“ Diese Aussage wird durch Fotos (Bild 16 a und b) sehr gut belegt.
69) Hamann (1986, 32f.): „Der Eisenschwamm lag als poröse Masse locker auf der festen Schlacke (Ofensau) und wurde nach dem Abkühlen mit der Hand abgesammelt.“ Und weiter (ebd.): „Nichts spricht für die Notwendigkeit, die Ofensau zu zerkleinern.“ Pleiner (1973, 20): „Man konnte gut beobachten, wie der Eisenschwamm ... auf dem Oberteil der erstarrenden Schlackenmasse saß. Das Eisen konnte leicht mit der Axt abgehauen werden.“
70) W. Gebers/F.-A. Linke (1987, 73): „Als der Dorfschmied am Nachmittag den Schlackeklotz mit einer Trennscheibe aufschnitt, wurde zur Gewißheit, was wir nach einem Test mit einem Magneten schon vermutet hatten - über dem Düsenbereich befanden sich zwei Klumpen hell-silbernen leuchtenden Eisens“. Gilles (1958, 1693): „Von den 152 kg eingesetzten Erzes wurde ein Schlacken Kuchen von 128 kg gebildet. Der Bruch war dicht. An dem oberen Rande war die Schlacke aufgebläht, mit Holzkohle durchsetzt und von Eisenschichten durchzogen. Ein Luppenstück wurde angeschliffen. Es zeigt deutlich den schwammartigen Aufbau der Luppe.“ Mazur/Nosek (1966, 38): „Nous avons reçu un bloc de scorie, où dans la partie supérieure il y avait une éponge de fer remplie par la scorie.“ Radwan/Pleiner (1963, 65): „Man muß betonen - obwohl es widersprechend scheint -, daß das reduzierte Metall in Gestalt von Eisenschwamm in der oberen Partie der Schlackenmasse lag“.
- 71) Vgl. Anm. 68.
72) Siehe Mazur/Nosek 1966, 33 Abb. 11. Vgl. auch Anm. 70.
73) Siehe Sadzot 1956, 568 Abb. 5. Vgl. auch Anm. 68.
74) Siehe Thomsen 1963, 63 Abb. 4.
75) Siehe ebd. Abb. 3 und Abb. 5.
76) Siehe Tholander 1987, 163 Abb. 11:1 und Tafel VI:1.
77) Siehe ebd., Tafel X:2 a; Abb. 11:2 auf Seite 164 und Abb. 11:3 auf Seite 165.
78) Es handelte sich um einen unterirdischen Schachtofen mit einer besonderen Höhlung im hinteren Bereich des unteren Ofenteiles. Siehe meine Abb. 12 und 13.
79) Der Originaltext (Pleiner 1969, 470f.) lautet folgendermaßen: „Upon dismantling the furnace we found a huge mass in the back cavity. It could be seen that the iron was situated above the slag. First several fragments (11, 7 and 4.5 kg) were taken off the furnace and then, after taking apart some of the front wall, we removed the main bloom. The iron sponge (2.41 kg) was cut out from the conglomerate with a chisel and was then quenched in water.“
80) Siehe Pleiner 1969, 479 Abb. 16:6.
81) Siehe ebd. 479 Abb. 16:6-7.
82) Siehe ebd. 482 Abb. 18.
83) Wahrscheinlich ist hier die Form der Luppe gemeint; es könnte jedoch auch die Zusammensetzung der Luppe aus Schlacke und Eisen „ungleichmäßig“ sein. Pleiner erläutert dies nicht.
84) Mit „Ofenbrust“ ist der für Schlackeabstich und Einbau der Düse vorgesehene untere Teil des Ofens gemeint.
85) Siehe Abb. 14.
86) Die erwähnte Luppe ist das Erzeugnis eines Versuches, bei dem die Schlacke nicht abgestochen werden konnte. Unter besseren Betriebsbedingungen („furnace-operating conditions“) versteht Cleere in diesem Zusammenhang wohl die Möglichkeit, Schlacke wie gewünscht aus dem Ofen herausleiten zu können.
87) Siehe Gilles 1958, 1695 Bild 9 und 10.
88) Vgl. auch Anm. 70.
89) Siehe Gilles 1960, 944 Bild 3.
90) Siehe Gebers/Linke 1987, 71 Abb. 2; ebd. 73 Abb. 4. Vgl. auch Anm. 70.
91) Siehe Abb. 15.
92) Siehe Tylecote/Austin/Wraith 1973, 32 Abb. 3.
93) Siehe Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, Bild 16, 17, 18 und 19. Siehe auch Abb. 16 und 17.
- 94) Siehe ebd., Bild 27 und 28. Siehe auch Abb. 18.
95) Siehe Abb. 14 bis 18. - Vgl. auch Tylecote 1986, 144 Abb. 88 und ebd. 192 Abb. 133.
96) Siehe Abb. 19 bis 23.
97) Siehe Abb. 16.
98) Siehe Abb. 15 und 19.
99) Zu diesen Begriffen siehe Abschnitt „Metallurgische Grundlagen“.
100) Der gemeinsame Einfluß von Gas und Temperatur auf die Aufkohlung des Eisens ist aus dem Schaubild von Schürmann 1958, 1302 Bild 7 ersichtlich. Siehe Abb. 3.
101) Siehe Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, Bild 25a.
102) Siehe ebd., Bilder 17, 19 und 28.
103) Siehe ebd. 20 Bild 6.
104) Siehe ebd. 23 und 24 Tafel 1 und 2.
105) Entsprechende Eisenkugeln entstanden auch bei anderen Versuchen, siehe z.B. Tholander (1987).
106) Siehe hierzu die Ausführungen von O. Keene-Congdon (1971, 19f.) sowie das Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff (Abb. 4 und 5).
107) In diesem Zusammenhang sei auf die Kritik Osanns (1971, 88ff.) an diesen Versuchen verwiesen. Osann (ebd. 93) kommt aufgrund des Vergleiches der Zusammensetzung der Schlacke dieser Versuche mit Schlacken des neuzeitlichen Verfahrens (Hochofen + Frischverfahren) zu dem Ergebnis, daß „die Auffassung von Straube, Tarmann und Plöckinger, die Eisenerzeugung im Rennfeuer liefere über das Zwischenprodukt Roheisen, als zu weitgehende Folgerung aus ihren Schmelzversuchen angesehen und zurückgewiesen“ werden muß. Siehe hierzu auch den Beitrag Osanns (1973, 72ff.) zur Tagung des „Comité pour la Sidérurgie Ancienne“ vom 9.-12. November 1970 in Schaffhausen/Schweiz.
108) Siehe Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, Bild 17.
109) Siehe ebd., Bild 28.
110) Die Kohlenstoffgehalte dieser Luppen wurden anhand der Schliffbilder bestimmt.
111) Siehe Tholander 1987, 168 Abb. 11:5 und ebd. 99 Abb. 7:9.
112) Siehe ebd. 166. Ein „µm“ entspricht 0,001 mm. Die Korngröße des eingegebenen Erzes variierte von 3 bis 20 mm. Bei einem Versuch („smelt 8“) wurde Erzstaub mit Korngrößen von 0,1 - 0,3 mm eingesetzt. Siehe ebd. 74 Tabelle 6:1.
113) Siehe das Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff (Abb. 5).
114) Bei meinen letzten Ausführungen beziehe ich mich auf Tholander 1987, 177 und 192 Tabelle 11:11.
115) Siehe hierzu ebd. 180.
116) Siehe ebd. 184 und 186.
117) Siehe ebd. 189.
118) Der Kohlenstoffgehalt von eutektoidischem Stahl beträgt 0,8 %. Stahl mit geringerem Kohlenstoffgehalt wird als untereutektoidisch - Stahl mit Kohlenstoffgehalt größer als 0,8 %

- wird als übereutektoidisch angesprochen. Siehe hierzu das Handbuch für „Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung“ von Domke (1982, 81f.).
- 119) Siehe Tholander 1987 Tafel XI:3 a.
 120) Siehe ebd. Tafel XI:16 a und b.
 121) Zu Befundzeichnungen siehe Pleiner 1955, 12 Abb. 3 (meine Abb. 13) und ders. 1958a, 210, 212, 214 Abb. 55-57. Vgl. dazu die Darstellung eines Versuchsofens bei Pleiner 1969, 463 Abb. 5 (meine Abb. 12).
 122) Zum Vorhergehenden siehe die Ausführungen von Pleiner 1958b, 1753.
 123) Siehe ders. 1969, 460, 484f.
 124) Hierzu Pleiner (1969, 485): „The hypothesis that the furnaces of Zelechovice produced steel thus found a splendid confirmation. Nevertheless, the original interpretation was not quite correct. It is impossible that the 2-cm-thick bloom could carburize after having been formed; it must have been sintered from a carboncontaining smelt.“
 125) Zum Begriff des Schmiedeeisens vgl. die Ausführungen im Abschnitt „Metallurgische Grundlagen“.
 126) Die Verteilung des Kohlenstoffs im Eisen des Versuches 2 im Ofen II ist aus Pleiners Abb. 17 (ebd. 480) ersichtlich.
 127) Vgl. Anm. 118.
 128) Bei Domke (1982, 135) heißt es: „Die Einsatztiefe [d.h. Tiefe des Eindringens von Kohlenstoff in das Eisen] beträgt je nach Aufkohlungsmittel und -temperatur nach 1 Std. etwa 0,4 mm, nach 4 Std. etwa 1 mm.“ Dabei wird eine eutektoidische Zusammensetzung der Härtungszone (0,8 % C) angestrebt. Pleiner (1982, 102) schreibt entsprechend: „Eine Oberflächenschicht von 1 mm Dicke wird bei einer Temperatur um 1000 °C während mehr als 4 Stunden aufgekühlt. Bei der Aufkohlung von dünnen Blechen und Metallbändern verläuft der Prozeß etwas schneller.“
 129) Siehe Anhang.
 130) Siehe Tylecote/Austin/Wraith 1973, 35.
 131) Im Jahre 1951 fand W. Wegewitz (1962, 5) in einer Siedlungsgrube der älteren römischen Kaiserzeit Keramikfragmente, Eisenschlacken und „dickwandige, flach gebogene Lehmplatten, von denen einige auf der Innenseite mehr oder weniger verschlackt waren“. Diese „Platten“ wurden als Teile eines Rennfeuerofens gedeutet und soweit möglich wieder zusammengesetzt. Der wiederhergestellte Ofen von etwa 1 m Höhe befindet sich im Archiv des Hamburger Museums für Archäologie und Stadtgeschichte Harburgs (Helms-Museum).
 132) Zum Vorstehenden siehe Hamann 1986, 83f.
 133) Ebd. 85.
 134) Hierzu R. Gardi (1954) und P. Hinderling (1955).
 135) Siehe Gilles 1960, 945 Tafel 3 u. ebd. 946 Tafel 5.
 136) Im folgenden beziehe ich mich auf Thomsen 1964, 81ff.
 137) Thomsen (ebd. 83) schreibt: „... when the charcoal did not fall out from between the pieces, it

proved to be considerably more difficult to weld carburized than carbon-free iron, as the surfaces slide the one upon the other“.

- 138) Siehe ebd. 73 Abb. 19.
 139) Siehe ebd. 64 Abb. 2.
 140) Siehe Friede/Steel 1977, 240 Abb. 4. Das Foto zeigt drei grobförmige Pfeilspitzen und ein sogenanntes „Rasiermesser“.
 141) Siehe Pleiner 1969, 479 Abb. 16.
 142) Der Versuch erfolgte in einem „Gastemper-Durchlaufofen“ der, wie die Verfasser (ebd. 6) schreiben, „sonst für die entkohlende Glühung von weißem Temperguß (GTWS) [d.i. Gußeisen] verwendet wird“. Das Eisen des einen Versuches hatte 0,03 % C, das des anderen Versuches hatte bei reinem ferritischem Gefüge hingegen nur „Spuren“ von Kohlenstoff.
 143) Siehe Roesch/Kühn 1976, 7 Bild 5. Die Länge der Speerspitze mit Schaft beträgt, wie aus dem Foto ersichtlich, etwa 31 cm.
 144) Siehe Abb. 19.
 145) Siehe ebd. Abb. 12.
 146) Siehe ebd. 35 Abb. 13.
 147) Siehe ebd. 36 Abb. 14 und Tafel XI Bild 2.
 148) Siehe Barbré/Thomsen 1983, 154 Abb. 2.
 149) Siehe Abb. 24 und 25.
 150) So z.B. von Wynne/Tylecote (1958), Tylecote/Austin und Wraith (1973) sowie Tholander (1987).

Literatur:

- AGRICOLA, G. (1974): De re metallica libri XII (Bergbau und Hüttenkunde, 12 Bücher). (Gedenkausgabe des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden.) Hrsg. von H. Prescher. Berlin 1974. [Latein. Erstausgabe: Basel 1556].
 Akademischer Verein Hütte, Berlin (Hrsg.) (1961): Taschenbuch für Eisenhüttenleute. Berlin.
 AMBORN, H. (1976): Die Bedeutung der Kulturen des Niltals für die Eisenproduktion im subsaharischen Afrika. (Studien zur Kulturkunde 39). Wiesbaden.
 BACHMANN, H.-G. (1982): The identification of slags from archaeological sites. Hrsg. vom Institute of Archaeology of London (Occasional Publication No. 6). London
 BARBRÉ, H., und R. THOMSEN (1983): Rekonstruktionsversuche zur frühgeschichtlichen Eisengewinnung. Offa 40, 153-156. (Festschrift für H. Hingst).
 BARTUSKA, M., und R. PLEINER (1965): Untersuchungen von Baustoffen und Schlacken aus den frühgeschichtlichen Rennöfen Böhmens und Mährens. Technische Beiträge zur Archäologie 2, 1-37.

- BECK, L. (1884): Die Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung. Braunschweig.
 BERRE, I. (1987): Skoleelevar blir Jarnprodusentar. SPOR. Fortidsnytt fra midt-norge 1, 8-12.
 BERSU, G., und W. DEHN (Hrsg.) (1961): Bericht über den V. Internationalen Kongress für Vor- und Frühgeschichte in Hamburg vom 24. bis 30. August 1958. Berlin.
 BIELENIN, K. (1973): Schmelzversuche in halbeingetieften Rennöfen in Polen. In: Guyan, Pleiner und Fabesová, 62-71.
 (ders.) 1973: Dymarski piec szybowy (typu kotlinkowego) w Europie starożytnej. Materiały Archeologiczne 14, 5-102. [Mit franz. Zusammenfass.: Four sidérurgique du type à creuset en Europe ancienne].
 (ders.) 1976: Eingetieft Rennöfen der frühgeschichtlichen Eisengewinnung in Europa. Archaeologia Austriaca, Beiheft 14, 13-27. (Festschrift für R. Pittioni).
 (ders.) 1983: Der Rennofen mit eingetieftem Herd und seine Formen in Polen. Offa 40, 47-66. (Festschrift für H. Hingst).
 (ders.) 1985: Einige Bemerkungen zu Schmelzversuchen in Rennöfen. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland 71, 187-197.
 BRITT, H.-P. (1986): Einführung zum Rennfeuerversuch ELIGIUS. Ferrum 57, 35-39.
 CENEK, M., K. BEZDEK, K. STRANSKY und V. SOUCHOPOVA (1975): Prima výroba zeleza z rud na Blanensku. Kniznice odborných a vedeckých spisů Vysokého učení technického v Brně B61, 79-89. [Mit engl. Zusammenfass.: Direct Iron Making Process in the Surroundings of Blansko].
 CHILDS, S.T., und P.R. SCHMIDT (1985): Experimental iron smelting: The genesis of a hypothesis with implications for African prehistory and history. In: Haaland und Shinnie, 121-141.
 CLEERE, H. (1963): Primitive Indian iron making furnaces. The British Steelmaker, 154-158.
 (ders.) 1970: Iron smelting experiments in a reconstructed Roman furnace. Hrsg. vom Iron and Steel Institute, London. London.
 (ders.) 1971: Ironmaking in a Roman furnace. Britannia 2, 203-217.
 CLINE, W. (1937): Mining and metallurgy in Negro Africa. (General Series in Anthropology Number 5). Menasha.
 DOMKE, W. (1982): Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung. Essen.
 DURRER, R. (1942): Die Metallurgie des Eisens. Berlin.
 EGGERT, M.K.H. (1985): Katuruka und Ke-

mondo: Zur Komplexität der frühen Eisen-technik in Afrika. Beiträge zur allgemeinen und vergleichenden Archäologie 7, (1986), 243-263.

- (ders.) 1987: On the alleged complexity of early and recent iron smelting in Africa: Further comments on the preheating hypothesis. Journal of Field Archaeology 14, 377-382.
 ERNST, F.-J. (1966): Die vorgeschichtliche Eisenerzeugung. (Deutscher Kulturbund Neubrandenburg. Mitteilungen des Bezirksfachausschusses für Ur- und Frühgeschichte 14).
 ESPELUND, A. (1987): Jern? I hui og hast: Litt stovsugermetallurgi i Trofaiach. SPOR. Fortidsnytt fra Midt-norge 1, 16. Fansa, M., Renken, B., und J. Döring (Redakt.) (1990): Experimentelle Archäologie in Deutschland (Begleitschrift zur Ausstellung). Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 4, 379-393.
 FRANÇOIS, J. M. (1843): Recherches sur le gisement et le traitement direct des minerais de fer dans les Pyrénées, particulièrement dans l'Ariège. Paris.
 FRIEDE, H. M., und R. H. STEEL (1977): An experimental study of iron-smelting techniques used in the South African iron age. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy 77, 233-242.
 GARBERS, H.-V. (1990): Experimentelle Eisenverhüttung oder der Versuch, den alten Schmelzern auf die Schliche zu kommen. In: Fansa, Renken und Döring, 394-404.
 GARDI, R. (1954): Der schwarze Hephästus. Bern 1954.
 GEBERS, W., und F.-A. LINKE (1987): Experimentelle Archäologie - eine Aufgabe der Denkmalpflege? Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 3, 70-74.
 GILLES, J.W. (1957): Versuchsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen. Unser Werk (Werkzeitschrift der Hüttenwerke Siegerland AG) 12, 278-281.
 (ders.) 1958: Versuchsschmelze in einem vorgeschichtlichen Rennofen. Stahl und Eisen 78, 1690-1695.
 (ders.) 1960: Rennversuch im Gebläseofen und Ausschmieden der Luppe. Stahl und Eisen 80, 943-948.
 GUYAN, W.U., R. PLEINER und R. FABESOVA (Organ.) (1973): Die Versuchsschmelzen und ihr Beitrag für die Metallurgie des Eisens und dessen Geschichte. (Als interner Druck herausgegeben vom Museum zu Allerheiligen/Schaffhausen, Schweiz und vom Archäologischen Institut der Akademie der

- Wissenschaften/Prag, Tschechoslowakei). [Beiträge zur Tagung des „Comité pour la sidérurgie ancienne“ in Schaffhausen am 9.-12. Nov. 1970]. Schaffhausen.
- HAALAND, R., und P. SHINNIE (Hrsg.) (1985): African iron working. - Ancient and traditional. Bergen 1985.
- HAGFELDT, H. (1966): Reduktionsförsök i blästa. [Examensarbeit an der Königlichen Technischen Hochschule, Institut für Metallurgie, Stockholm]. Stockholm.
- HAMANN, H. (1977): Ein Schmelzversuch im eisenzeitlichen Rennfeuerofen zur Deutung von Ausgrabungsergebnissen auf der Geest. Jahrbuch für die Schleswigsche Geest 25, 80-86.
- (ders.) 1982: Ein Raseneisenerz-Schmelzversuch in einem Nachbau eines eisenzeitlichen Rennfeuerofens zur Deutung von Ausgrabungsergebnissen auf der Geest. Die Heimat 89, 413-419.
- (ders.) 1986: Eisenschlacken der römischen Kaiserzeit vom Auberg in Süderschmedeby (Gem. Sieverstedt), Kreis Schleswig-Flensburg: Versuch einer Deutung. Die Heimat 93, 81-86.
- (ders.) 1988: Anmerkungen über Verhüttungstechnik und Rohstoffverbrauch einer kaiserzeitlichen Eisenverhüttungsstätte auf dem Auberg in Süderschmedeby (Gemeinde Sieverstedt), Kreis Schleswig-Flensburg. Jahrbuch für die Schleswigsche Geest 36, 177-179.
- HINDERLING, P. (1955): Schmelzöfen und Eisenverarbeitung in Nord-Kamerun. Stahl und Eisen 75, 1263-1266.
- HINGST, H. (1964): Die vorrömische Eisenzeit. (Geschichte Schleswig-Holsteins 2). Neumünster.
- (ders.) 1970: Vorgeschichtliche Eisenverhüttungsplätze auf dem Neumünsteraner Sander. Fundamenta, Reihe A, Bd. 2, 423-452. (Festschrift für A. Rust).
- (ders.) 1973: Eine kaiserzeitliche Waldschmiede in Süderschmedeby, Kr. Flensburg. Offa 30, 249-250.
- HOLSTEN, H., und F. NIKULKA (1990): Eisenerzverhüttung als Forschungsprojekt: Planung, Durchführung, Auswertung. In: Fansa, Renken und Döring, 379-393.
- JAKOBSEN, S., J.H. LARSEN und L.E. NARMO (1988): Nå blestes det igjen jern ved Dokkfloy. Et forsök på eksperimentell arkeologi. Viking 51, 87-108. [Mit engl. Zusammenfass.: Iron production rekindled at Dokkfloy: An attempt at experimental archaeology].
- KEENE-CONGDON, O. (1971): Steel in antiquity: A problem of terminology. In: Mitten, Pedley und Scott, 17-27.
- KENSE, F.J. (1983): Traditional African iron working. (African Occasional Papers 1). Calgary.
- KOLCIN, B.A., KRUG, O. (1965): Fyzceskoje modelirovanija syrodutnogo processa proizvodsta zeleza [= tschech. Titel; Original in Russisch]. Archeologija i jestvennye nauki. Materialy i issledovanija po archeologii SSSR 129, (1967), 196-215.
- LUND, J. (1988): Eksperimentel arkæologi -resultater, muligheder og perspektiver. In: Madsen, 95-110.
- MADSEN, TH. (Hrsg.) (1988): Bag Moesgårds maske. Kultur og samfund i fortid og nutid. Aarhus.
- MARÉCHAL, J.R. (1973): Essais sur la réduction des minerais de fer par la tourbe et sur la possibilité de nitruration. In: Guyan, Pleiner und Fabesová 50-56.
- MAZUR, A., und E. NOSEK (1966): Od rudy do noza. Materialy Archeologiczne 7, 19-38. [Mit franz. Zusammenfass.: A partir du minerai jusqu'au couteau].
- MITTEN, D.G., J.G. PEDLEY und J.A. SCOTT (Hrsg.) (1971): Studies presented to George M.A. Hanfmann. (Monographs in Art and Archaeology 2). Mainz.
- MOESTA, H. (1983): Erze und Metalle: Ihre Kulturgeschichte im Experiment. Berlin, Heidelberg, New York.
- MORTON, G.R., und WINGROVE, J. (1970): Reduction of iron from its ore in the Medieval bloomery. Steel Times, April, 3-8.
- NEUMANN, B. (1954): Die ältesten Verfahren der Erzeugung des technischen Eisens durch direkte Reduktion von Erzen mit Holzkohle in Rennfeuern und Stücköfen und die Stahlerzeugung unmittelbar aus dem Erz. (Freiberger Forschungshefte, Kultur und Technik. D.6). Berlin.
- NOSEK, E. (1985): The Polish smelting experiments in furnaces with slag pits. British Museum Occasional Paper 48, 165-177.
- NØRBACH, L. (1993): Jernudvindingen i Danmark ca. 100 f. Kr. til ca. 400 e. Kr. - Set på baggrund af nogle udvindingspladser og jernudvindingseksperimenter. LAG 4, 37-76. [Mit engl. Zusammenfass.: Iron production in Denmark, 100 BC - 400 AD. A study of some production sites and iron production experiments].
- OELSEN, W., und E. SCHÜRMANN (1954): Untersuchungsergebnisse alter Rennfeuerschlacken. Archiv für das Eisenhüttenwesen 25, 507-514.
- O'KELLY, M.J. (1961): The ancient Irish method of smelting iron. In: Bersu und Dehn, 459-461.
- OSANN, B. (1971): Rennverfahren und Anfänge der Roheisenerzeugung. (Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Fachausschussbericht 9.001). Düsseldorf.
- (ders.) 1973: Direkter Ablauf des Rennverfahrens oder Ablauf über das Zwischenprodukt Roheisen? In: Guyan, Pleiner und Fabesová, 72-80.
- PERCY, J. (1864): Die Metallurgie: Gewinnung und Verarbeitung der Metalle und ihrer Legierungen, in praktischer und theoretischer, besonders chemischer Beziehung. Zweiter Band. Erste Abtheilung. Braunschweig.
- PLEINER, R. (1955): Vyroba zeleza ve slovanské huti u Zelechovic na Unicovsku. (Rozpravy Ceskoslovenské Akademie Ved 65, Reihe SV). Prag. [Mit dtsh. Zusammenfass.: Eisengewinnung in einer slawischen Hüttenanlage in Zelechovice bei Unicov].
- (ders.) 1958: Základy slovanského zelezářského hutnictví v českých zemích. (Dtsh. Titel: Die Grundlagen der slawischen Eisenindustrie in den böhmischen Ländern). (Monumenta Archaeologica 6). Prag.
- (ders.) 1958: Die Ergebnisse neuer Ausgrabungen an vor- und frühgeschichtlichen Eisenhüttenplätzen in Böhmen und Mähren. Stahl und Eisen 78, 1748-1754.
- (ders.) 1964: Die Eisenverhüttung in der „Germania Magna“ zur römischen Kaiserzeit. 45. Bericht der Römisch-Germanischen Kommission (1965), 11-86.
- (ders.) 1968: Iron smelting experiments in protohistoric furnaces in Brezno. Actes du Xle Congrès International d'Histoire de Science 6. Warschau, Krakau, 163-167.
- (ders.) 1969: Experimental smelting of steel in Early Medieval furnaces. Památky Archeologické 60, 458-487.
- (ders.) 1973: Die Schmelzversuche in der Methodik der Erforschung des Rennverfahrens. In: Guyan, Pleiner und Fabesová, 1-5.
- (ders.) 1982: Untersuchungen zur Schmiedetechnik auf den keltischen Oppida. Památky Archeologické 73, 86-177.
- (ders.) 1983: Neue Entdeckungen von römischen Eisenhütten in den böhmisch-mährischen Siedlungsräumen. Offa 40, 63-68. (Festschrift für H. Hingst).
- PLEINER, R., und M. RADWAN (1962): Polsko-czechoslowackie doswiadczenia wytopu zelaza w dymarkach z okresu rzymskiego. Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 7, 307-320. [Mit engl. Zusammenfass.: Polish-czechoslovakian experiments with iron smelting in kilns from the Roman period. Dtsh. Übersetz. dieses Artikels: Radwan/Pleiner 1963].
- RADWAN, M. (1964): Dalsze próbne wytopy w pieczeniach typu Swietokrzyskiego. Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 9, 365-373. [Mit engl. Zusammenfass.: Further experimental smeltings in furnaces of Holy-cross-mountain type].
- RADWAN, M., und R. PLEINER (1963): Polnisch-tschechoslowakische Schmelzversuche in den Rennöfen der römerzeitlichen Bauarten. Archeologické rozhledy 15, 47-71. [Übersetzung des Artikels von Pleiner und Radwan (1962)].
- REHDER, J.E. (1986): Use of preheated air in primitive furnaces: Comments on views of Avery und Schmidt. Journal of Field Archaeology 13, 351-353.
- RJAZANZEV, A. (1962): Pokusno taljenje bobovca v vetrni peci v Studorju. Zelezar - Technicna priloga Zelezarne Jesenice 4, 14-24.
- (ders.) 1963: Drugo pokusno taljenje bobovca na Usejci nad vasjo Studor. Zelezar - Technicna priloga Zelezarne Jesenice 5, 85-97.
- ROESCH, K., und H.H. KÜHN (1976): Synthetische Herstellung von Rennfeuererisen und dessen handwerkliche Verarbeitung. Archiv für das Eisenhüttenwesen 47, 5-8.
- RUSSEGGGER, J. (1844): Reisen in Europa, Asien und Afrika, mit besonderer Rücksicht auf die naturwissenschaftlichen Verhältnisse der betreffenden Länder, unternommen in den Jahren 1835 bis 1841. Band 2, 2. Teil. Stuttgart.
- SADZOT, J. (1956): Les débuts de la fabrication du fer. Industrie. La Revue de l'Industrie Belge 10, 564-571.
- SCHÜRMANN, E. (1958): Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. Stahl und Eisen 78, 1297-1308.
- SOUCHOPOVA, V., und K. STRANSKY (1983): Poznatky z experimentálních taveb zeleza v rekonstrukcích nadzemních sachtových pecí z Blanenska. (Dtsh. Titel: Erkenntnisse aus den Versuchsschmelzen in Wiederherstellungen von Schachtrännöfen aus der Umgebung von Blansko.) Památky Archeologické 74, 527-544. [Mit dtsh. Zusammenfass. ohne eigenen Titel].
- (ders.) 1989: Experimental Iron Smelting in the Blansko Region, Czechoslovakia. Archaeomaterials 3 (2), 149-161.
- (ders.) 1991: Versuchsschmelzen in Rekonstruktionen von Rennöfen aus der Umgebung von Blansko. In: Archéologie Experimentale 1, 149-155.

SPEL, G. (1980): Über die Typologie urzeitlicher, frühgeschichtlicher und mittelalterlicher Eisenhüttenschlacken. (Studien zur Industriearchäologie 7). Wien.

(ders.) 1986: Aufgaben, Durchführung und Ergebnisse von Schmelzversuchen. Ferrum 57, 31-35.

(ders.): 1988: Der Ferrum-Noricum-Prozess. Ein Rezept zur Ausführung von Versuchen nach dem Rennverfahren der Frühzeit. Leoben 1988.

STRAUBE, H., B. TARMANN und E. PLÖCKINGER (1964): Erzreduktionsversuche in Rennöfen norischer Bauart. Klagenfurt.

TEMPORINI, H., und W. HAASE (Hrsg.) (1976): Aufstieg und Niedergang der römischen Welt II/5.1. Berlin, New York

THOLANDER, E. (1987): Experimental studies on early iron-making. Stockholm. [Diss. an der Königlichen Technischen Hochschule, Stockholm].

THOMSEN, R. (1963): Forsøg på rekonstruktion af en fortidig jernudvindingsproces. KUML 1963 (1964), 60-74. [Mit engl. Zusammenfass.: Trial reconstruction of an early process of iron extraction].

(ders.) 1964: Forsøg på rekonstruktion af fortidige smedeprocesser. KUML (1965), 62-85. [Mit engl. Zusammenfass.: Attempt at reconstruction of prehistoric forging processes].

TYLECOTE, R.F. (1962): Metallurgy in archaeology. London.

(ders.) 1969: Iron-smelting experiments at Varde, Denmark, April 1968. Bulletin of the Historical Metallurgy Group 3, 64-65.

(ders.) 1980: Furnaces, crucibles and slags. In: Wertime und Muhly, 209-228.

(ders.) 1986: The prehistory of metallurgy in the British Isles. Londo.

TYLECOTE, R.F., J.N. AUSTIN und A.E. WRAITH (1973): Iron smelting experiments with a shaft furnace of the Roman period. In: Guyan, Pleiner und Fabesová, 25-49.

VAN NOTEN, F. (1983): Histoire archéologique du Rwanda. (Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique. Annales, Serie IN-8°, Sciences humaines, N° 112). Tervuren.

VAN NOTEN, F., und J. RAYMAEKERS (1988): Frühe Eisengewinnung in Zentralafrika. Spektrum der Wissenschaft, August. 114-121.

VAN NOTEN, F., und E. VAN NOTEN (1974): Het ijzermelten bij de Madi. Africa-Tervuren 20, 57-66.

VAROUFAKIS, G.J. (1986): Smelting laterites in an experimental bowl furnace. PACT 15, 57.

Voss, O. (1962): Jernudvinding i Danmark i forhistorisk tid. KUML (1963), 7-32. [Mit engl. Zusammenfass.: Prehistoric iron smelting in Denmark].

(ders.) 1973: Danish experiments with furnaces with slag pit. In: Guyan, Pleiner und Fabesová, 57-61.

WEGEWITZ, W. (1962): Die vorgeschichtliche Eisenverhüttung im Kreise Harburg. (Sonderdruck aus dem Harburger Kreiskalender), 3-8.

WEISGERBER, G., und CHR. RODEN (1985): Römische Schmiedeszenen und ihr Gebläse. Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau 37, 2-21.

WERTIME, Th.A., und J.D. MUHLY (Hrsg.) (1980): The coming of the age of iron. New Haven, London.

WURMBRAND (1875): Beiträge zur Frage über die Gewinnung des Eisens und die Bearbeitung von Bronzen. Correspondenz-Blatt der deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte 10, 150-154.

WYNNE, E.J., und R.F. TYLECOTE (1958): An experimental investigation into primitive iron-smelting technique. Journal of the Iron and Steel Institute [London] 190, 339-348.

ZIMMERMANN, U. (1985): Raseneisenerz - Rennöfen - Roheisen: Ablauf und Ergebnisse eines Experiments. Archäologische Informationen 8, 53-64.

| Publikation | Luftvolumen | Luftzufuhr |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Tylecote 1969, 65 | 240 l/min | natürlich |
| Tholander 1987, 74 | 100-300 l/min | Druckluft |
| Tholander 1987, 83 | 600 l/min | Druckluft |
| Hagfeldt 1966, 61f. | 160 l/min | ? |
| Pleiner 1969, 484 | 250-280 l/min | Schmiedeblasebalg |
| Pleiner 1969, 484 | 210 l/min | Schmiedeblasebalg |
| Cleere 1970, 15 | % l/min | Gebläse |
| Wynne/Tylecote 1958, 344, 346 | 1,6-3,18 feet ³ /min ? | |
| Tholander 1987, 76,79 | 225 l/min | Druckluft |
| Friede/Steel 1977, 236 | 127-339 l/min | tradit. Blasebälge |

Abb. 1a: Volumen der zugeführten Luft

Rennfeuerungsverfahren (einphasig)

1. Erzreduktion
2. Freisetzung metallischen Eisens
3. Aufkohlung zu Roheisen
4. Verflüssigung
5. Entkohlung zu Stahl
6. Erstarrung

Moderne Verfahren (zweiphasig)

1. Hochofen (flüssiges Roheisen)
2. Frischverfahren (Stahl)

Abb. 1: Erklärungsmodell zum Ablauf im Rennfeuerungsverfahren (nach Straube, Tarmann und Plöckinger 1964)

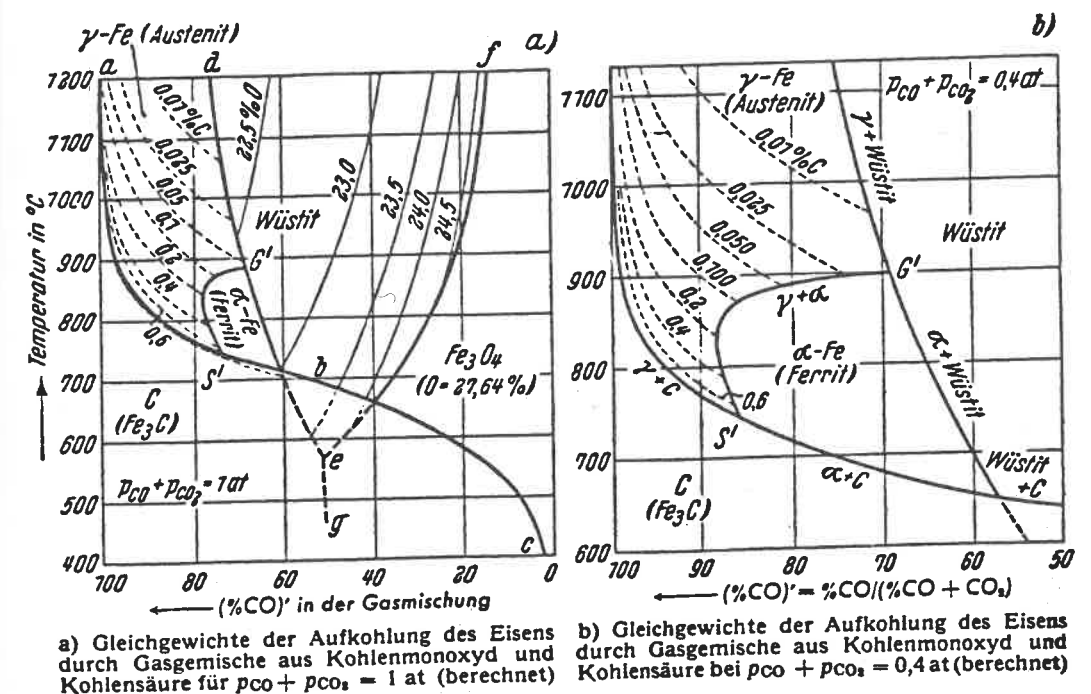


Abb. 2: Zustandsschaubild Eisen-Sauerstoff (aus Schürmann 1958:1298 Abb. 1)

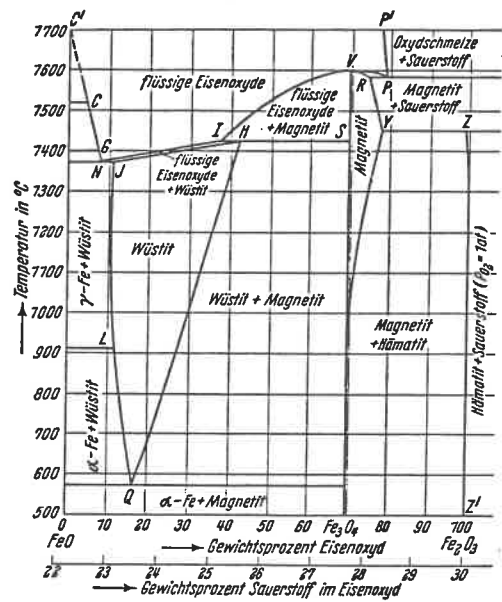


Abb. 3: Gleichgewichtsschaubild Eisen-Sauerstoff-Kohlenstoff (aus Schürmann 1958:1302 Abb. 7)

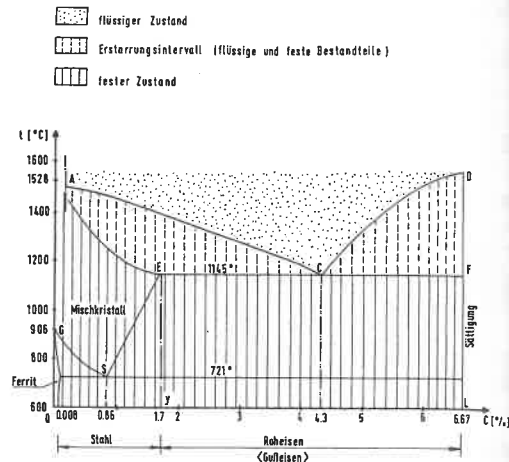


Abb. 4: Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff (aus Amborn 1976, Abb. 5)

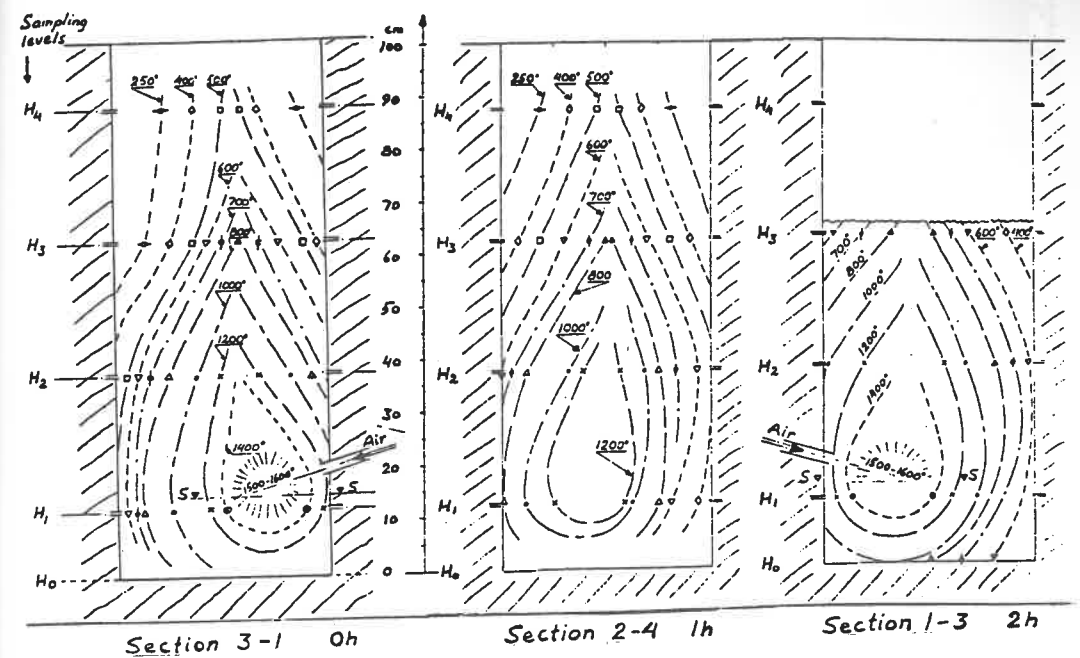


Abb. 7: Temperaturverteilung im niedrigen Schachtofen; zu Beginn der Erzeugung (links) sowie 1 Std. (Mitte) bzw. 2 Std. (rechts) danach (aus Tholander 1987:91 Abb. 7:3)

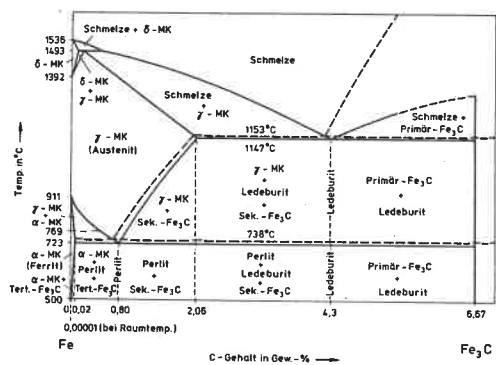


Abb. 5: Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff (aus Domke 1982:80 Abb. 29)

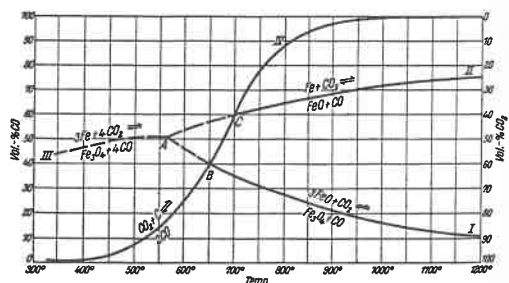


Abb. 6: Oxidations-Reduktions-Gleichgewichte (aus Durrer 1942:66 Abb. 34)

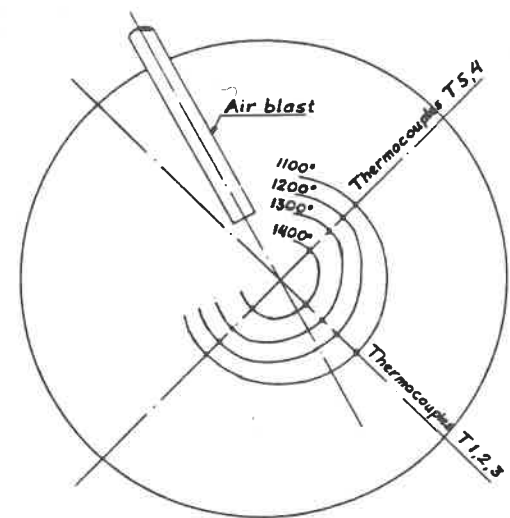


Abb. 8: Temperaturverteilung im Grubenofen (nur Holzkohle; Luftzufuhr 100 l/min); Aufsicht (aus Tholander 1987:94 Abb. 7:4)

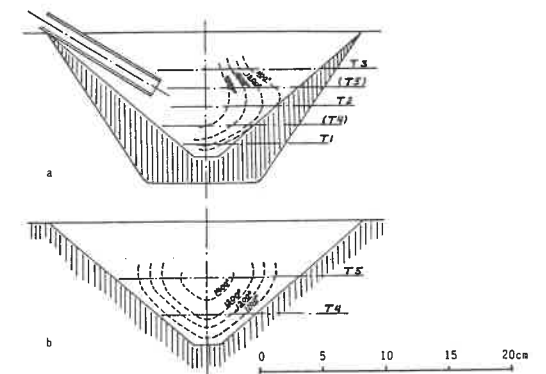


Abb. 9: Temperaturverteilung im Grubenofen (Luftzufuhr 100 l/min); Querschnitt (aus Tholander 1987:94 Abb. 7:5)

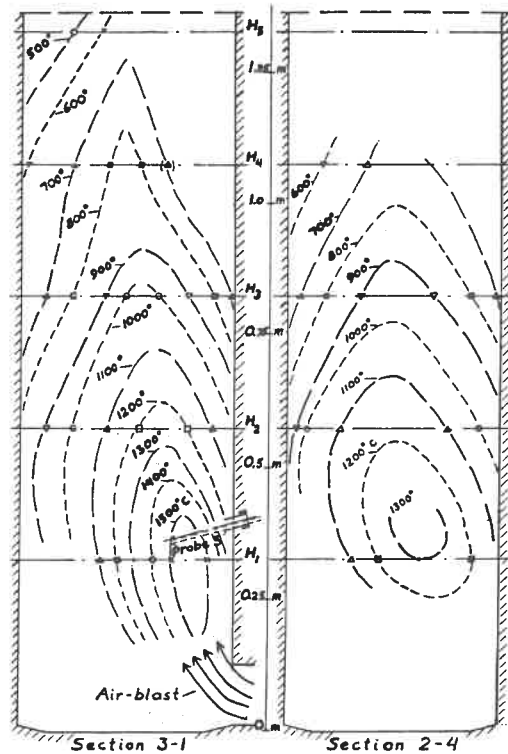


Abb. 10: Temperaturverteilung im hohen Schachtofen (aus Tholander 1987:99 Abb. 7:9)

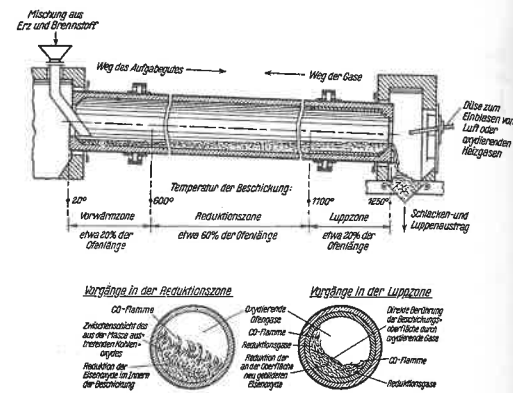


Abb. 11: Krupp-Rennverfahren im Drehrohr-ofen (aus Durrer 1942:439 Abb. 275)

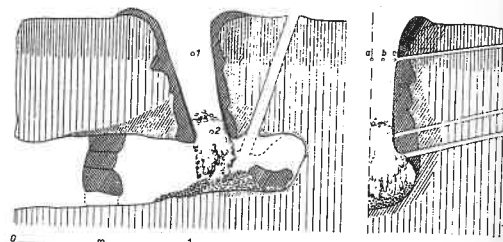


Abb. 12: Versuchsofen Typ Zelechovice (aus Pleiner 1969:463 Abb. 5)

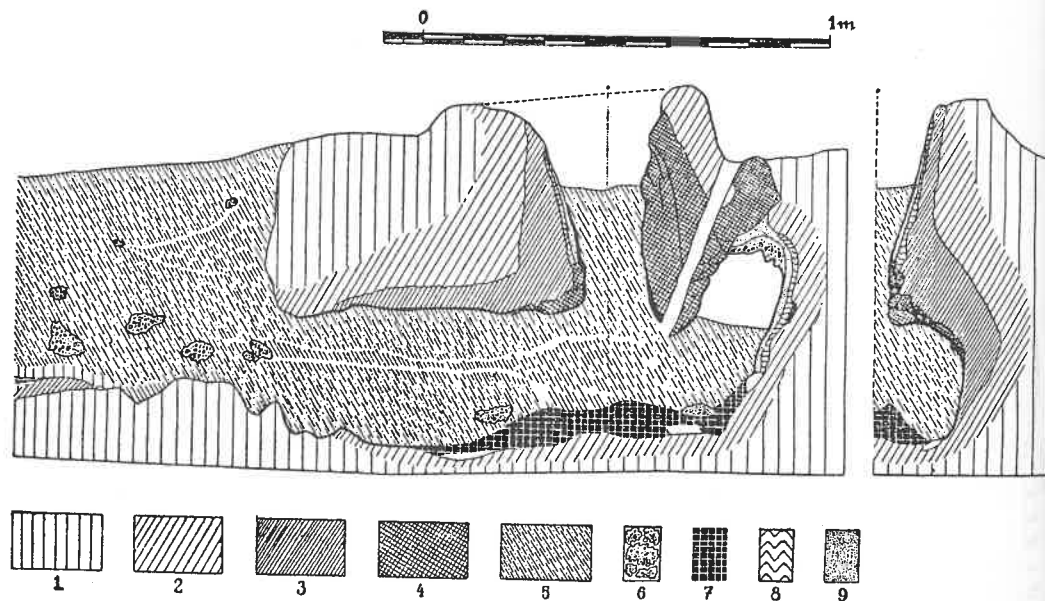


Abb. 13: Befundzeichnung eines Ofens vom Typ Zelechovice (aus Pleiner 1955:12 Abb.3).
 Legende: 1 - gewachsener Löß, 2 - rotgebrannter Löß, 3 - braune Lehmschicht, 4 - rote sandige Schicht mit der Schlackenkruste, 5 - Verschüttung mit Holzkohlenresten und Schlacke, 6 - größere Schlackenstücke, 7 - Holzkohle, 8 und 9 - weiße sandige Schichten der Ofenauskleidung

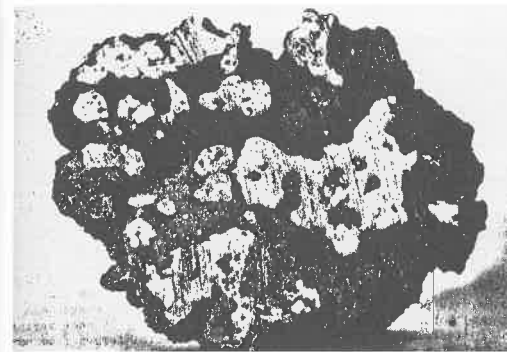


Abb. 14: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Allb (aus Cleere 1970:24 Abb. 12)

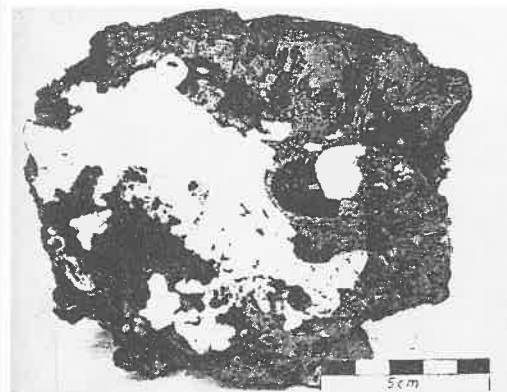


Abb. 16: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Allb (Gewicht ca. 2 kg); (aus Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, Abb. 16b)

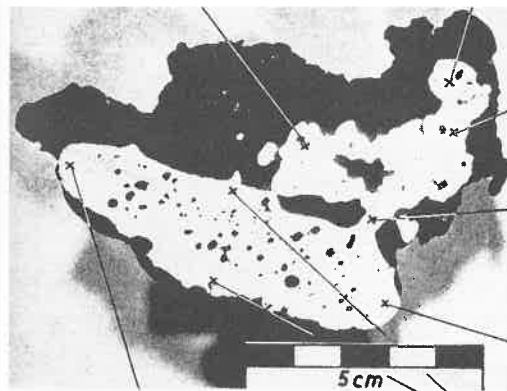


Abb. 17: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Allb (Gewicht ca. 1,2 kg); (aus Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, Abb. 19)

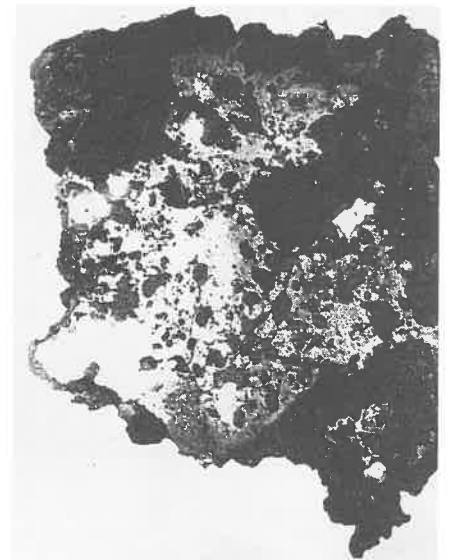


Abb. 15: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Allb (aus Radwan/Pleiner 1963:61 Abb. 22)

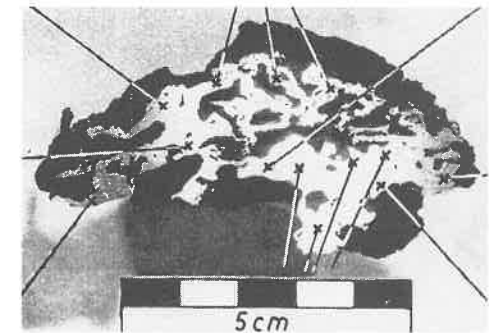


Abb. 18: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Allb (aus Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, Abb. 28)

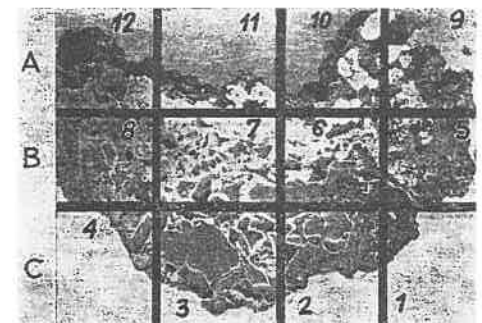


Abb. 19: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Allb (aus Mazur/Nosek 1966:33 Abb. 11)

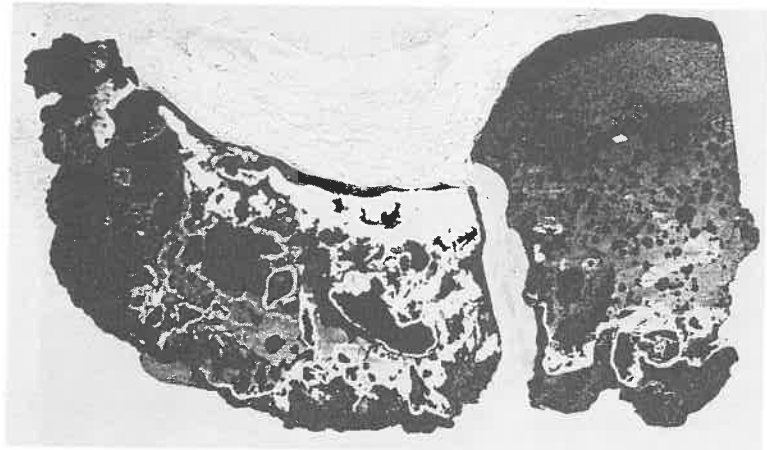


Abb. 20: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Alla (links) und aus einem Grubenofen vom Typ BIIa (rechts); (aus Tholander 1987, Tafel X:2a)

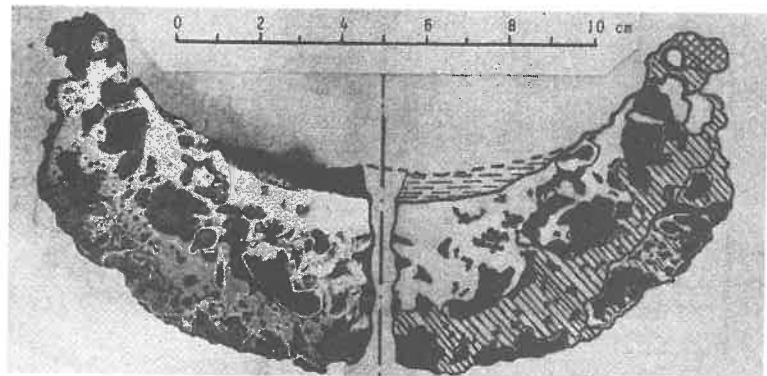


Abb. 21: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Alla (aus Tholander 1987:65 Abb. 11:3)

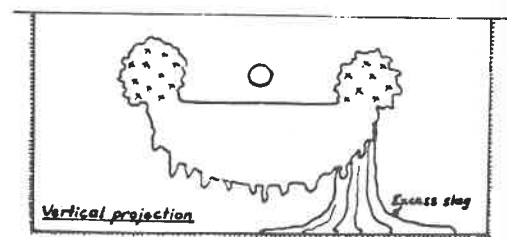
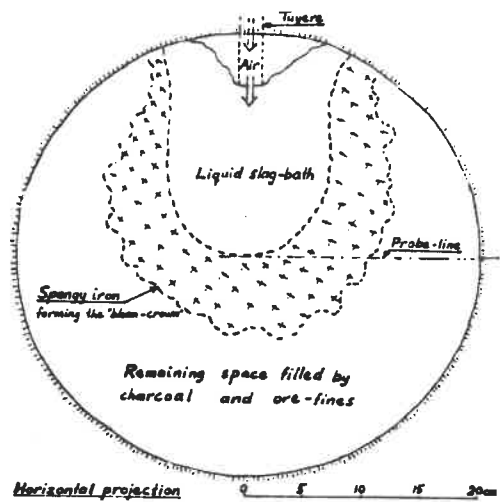


Abb. 22: Schematische Darstellung einer Luppe im Schachtofen vom Typ Alla (aus Tholander 1987:163 Abb. 11:1)

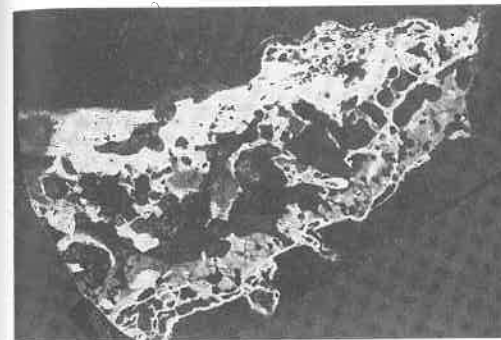


Abb. 23: Querschnitt einer Luppe aus einem Schachtofen vom Typ Alla (aus Tholander 1987:164 Abb. 11:2)

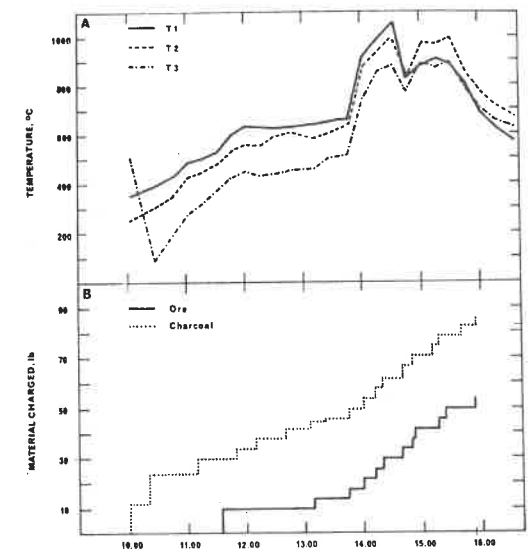


Abb. 24: Graphische Darstellung eines Versuchsablaufes mit Temperaturkurven und Holzkohle- und Erzeingaben (aus Cleere 1970:18 Abb.8)

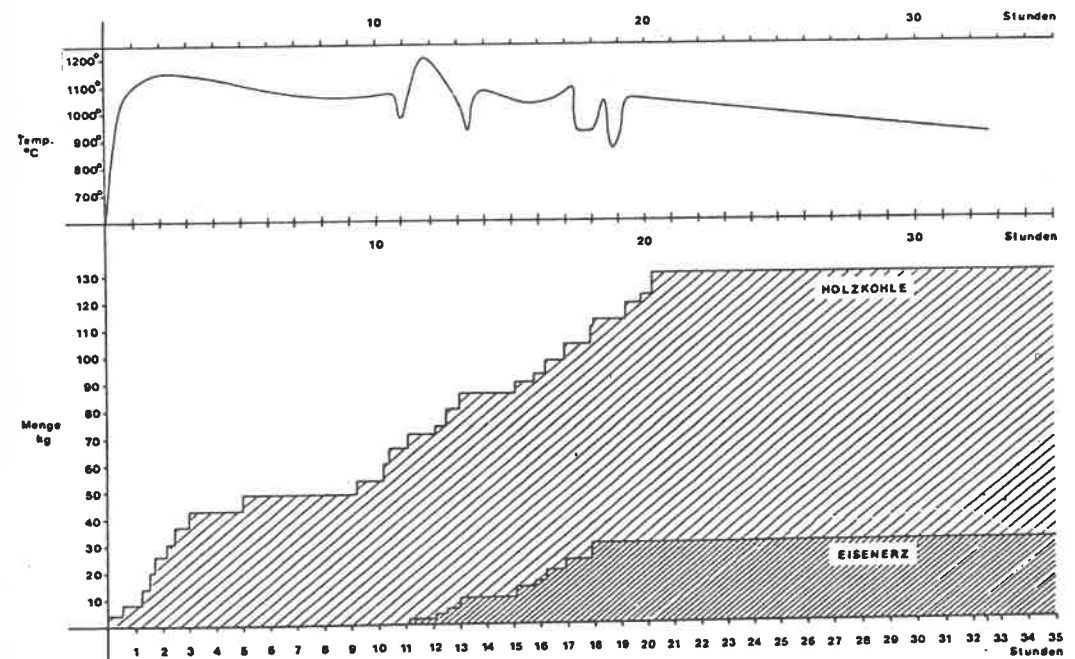


Abb. 25: Graphische Darstellung eines Versuchsablaufes mit Temperaturkurve und Holzkohle- und Erzeingaben (aus Zimmermann 1985:57 Abb. 3)

Tabelle I: (Teil 1) QUANTITATIVE DATEN

(Schachtofen, natürliche Luftzufuhr, kein Abstich)
Ofentyp: A1a

| Nr. | Vorheizphase | | | Beschickungsphase | | | Nachheizphase | | | Schlacke [kg] | Eisen [kg] | Σ Zeit | Σ Hk [kg] | Ausbeute [%] |
|-----|--------------|---------|-------|-------------------|---------|---------|---------------|---------|--------|---------------|------------|---------|-----------|--------------|
| | Holz [kg] | Hk [kg] | Zeit | Erz [kg] | Hk [kg] | Erz:Hk | Zeit | Hk [kg] | Zeit | | | | | |
| 001 | - | - | 13:00 | 64 | - | (1:1) | (23:00) | - | - | 40 | 3-4 | (36:00) | 115 | C:4,6-6,2 |
| 002 | - | ca.37 | 17:00 | 46 | 67 | 1:1,4 | 40:00 | ca.6 | ca.6,5 | + | 4-5 | 60:00 | 110 | C:8,6-10,8 |
| 003 | + | 2,5 | 01:50 | 13,75 | 15 | (1:1,1) | (05:10) | - | - | + | + | >07:00 | 15 | + |
| 004 | 0 | 4,0 | 01:50 | 16,60 | 26 | (1:1,5) | (06:05) | - | - | + | + | >09:55 | 30 | + |
| 005 | - | 37,5 | - | 24,50 | 23,75 | (1:0,9) | - | - | - | 14,3 | (3,925) | 12:00 | 43,75 | B:32,7 |
| 006 | - | - | + | 22 | 22 | (1:1) | - | - | - | - | 0 | - | 22 | 0 |
| 007 | - | - | + | 22 | 22 | (1:1) | - | - | - | - | 0 | - | 22 | 0 |
| 008 | - | - | + | 22 | 22 | (1:1) | - | - | - | - | 0 | - | 22 | 0 |
| 009 | - | - | + | 18 | 18 | (1:1) | - | - | - | - | 0 | - | 18 | 0 |
| 010 | - | - | + | 20 | 20 | (1:1) | - | - | - | - | (0,5) | - | 20 | D:18,7 |
| 011 | - | - | + | 12 | 12 | (1:1) | - | - | - | - | (0,5) | - | 12 | D:30 |
| 012 | - | - | + | 12 | 12 | (1:1) | - | - | - | - | 0 | - | 12 | 0 |
| 013 | - | - | + | 12 | 12 | (1:1) | - | - | - | - | 0 | - | 12 | 0 |
| 014 | - | + | 24:00 | 50 | 70 | (1:1,4) | 15:00 | 0 | - | + | 1,5-2,0 | 39:00 | >70 | A:6,0-8,0 |
| 015 | 0 | 70 | 11:00 | 30 | ca.34 | ca.1:1 | 07:00 | ca.26 | 17:00 | 10 | 0 | 35:00 | 130 | 0 |
| 016 | - | + | 03:45 | 20,9 | 29,5 | 1:1,4 | 04:45 | 0 | + | + | + | >08:30 | >29,5 | + |
| 017 | - | - | - | 65 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 018 | - | - | - | - | - | (1:1) | - | - | - | - | - | - | - | - |

Legende: - Keine Angabe + Angabe nicht numerisch

Anmerkung: ¹ Zu diesen Versuchen enthält die Publikation (Bielenin 1973) keine Daten.

OFENTYPENKLASSIFIKATIONSSCHEMA:

SCHACHTÖFEN

Bauweise: Schacht (A)
Luftzufuhr: natürlich (AI) künstlich (AII)
Abstich: nein (A1a) ja (A1b) nein (AIIa) ja (AIIb)

GRUBENÖFEN

Bauweise: Grube (B)
Luftzufuhr: natürlich (BI) künstlich (BII)
Abstich: nein (BI1b) ja (BI1a) ja (BI1b) nein (BI1a)

KUPPELÖFEN

Bauweise: Kuppel (C)
Luftzufuhr: natürlich (CI) künstlich (CII)
Abstich: nein (CI1b) ja (CI1a) ja (CI1b) nein (CI1a)

Tabelle I: (Teil 2)

| Nr. | Publikation | Versuch/Datum |
|-------|-------------------------------------|---------------|
| 001 | Barbré/Thomsen 1983, 153-156 | 1978 |
| 002 | Barbré/Thomsen 1983, 153-156, Abb.5 | 1979 |
| 003 | Hamann 1977, 81-86 | 03.- 05.08.76 |
| 004 | Hamann 1982, 413-419 | 18.08.79 |
| 005 | Hamann 1986, 82-83 | - |
| 006 | Sadzot 1956, 564-571 | Versuch A |
| 007 | Sadzot 1956, 564-571 | Versuch B |
| 008 | Sadzot 1956, 564-571 | Versuch C |
| 009 | Sadzot 1956, 564-571 | Versuch D |
| 010 | Sadzot 1956, 564-571 | Versuch E |
| 011 | Sadzot 1956, 564-571 | Versuch F |
| 012 | Sadzot 1956, 564-571 | Versuch G |
| 013 | Sadzot 1956, 564-571 | Versuch H |
| 014 | Thomsen 1963(64), 72 | 1963 |
| 015 | Zimmermann 1985, 57-58, Abb.3 | 1983 Ofen |
| 016 | Tylecote 1969, 64-65 | April 1968 |
| 017 | Bielenin 1973, 65 | 1969 |
| 018 | Bielenin 1973, 65 | 1962 |
| 019 | Bielenin 1973, 65 | 1970 |
| 020 | Bielenin 1973, 65 | 1970 |
| 021 | Bielenin 1973, 65 | 1970 |
| 022 | Bielenin 1973, 65 | 1970 |
| 023 | Bielenin 1973, 65 | 1970 |
| 024 | Bielenin 1973, 65 | 1972 |
| 025 | Bielenin 1973, 65 | 1972 |
| 026 | Bielenin 1973, 65 | 1972 |
| 027 | Bielenin 1973, 65 | 1972 |
| 028-? | Bielenin 1973, 65 | 1957 |

Tabelle II: (Teil 1) QUANTITATIVE DATEN

(Schachtofen, natürliche Luftzufuhr, Abstich)

Ofentyp: A1b

| Nr. | Vorheizphase | | | Beschickungsphase | | | Nachheizphase | | | Schlacke [kg] | Eisen [kg] | Σ Zeit | Σ Hk [kg] | Ausbeute [%] |
|-----|--------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------------|---------|------|---------------|------------|--------|-----------|--------------|
| | Holz [kg] | Hk [kg] | Zeit | Erz [kg] | Hk [kg] | Erz:Hk | Zeit | Hk [kg] | Zeit | | | | | |
| 001 | + | ca.220 | 03:00 | 55 | 86 | 1:1,6 | (08:00) | - | - | + | + | 11:00 | 306 | - |
| 002 | + | 300 | >10:00 | 152 | 209 | 1:1,4 | 29:35 | 0 | + | 128 | 17,3 | >39:35 | 509 | A:22,0 |
| 003 | - | 300 | (12:00) | + | + | (1:0,6) | - | Torf | + | - | - | >12:00 | >300 | - |
| 004 | - | 300 | (12:00) | + | + | (1:0,6) | - | Torf | + | - | - | >12:00 | >300 | - |
| 005 | - | 300 | (12:00) | + | + | (1:0,6) | - | Torf | + | - | - | >12:00 | >300 | - |
| 006 | - | 300 | (12:00) | + | + | (1:0,6) | - | Torf | + | - | - | >12:00 | >300 | - |
| 007 | - | 300 | (12:00) | + | + | (1:0,6) | - | Torf | + | - | + | >12:00 | >300 | - |
| 008 | - | 300 | (12:00) | + | + | (1:0,6) | - | Torf | + | - | + | >12:00 | >300 | - |

009-15 s. Anm.

Legende: - Keine Angabe + Angabe nicht numerisch

Anmerkung: Da die Publikationen von Rjazancev (1962 und 1963) von mir nicht übersetzt werden konnten, muß auf eine Auswertung seiner Versuche verzichtet werden.

Tabelle II: (Teil 2)

| Nr. | Publikation | Versuch/Datum |
|-----|---------------------|---------------|
| 001 | Gilles 1957 | 23.10.1957 |
| 002 | Gilles 1958 | 12.-14.05.58 |
| 003 | Maréchal 1973:54-55 | - |
| 004 | Maréchal 1973:54-55 | - |
| 005 | Maréchal 1973:54-55 | - |
| 006 | Maréchal 1973:54-55 | - |
| 007 | Maréchal 1973:54-55 | - |
| 008 | Maréchal 1973:54-55 | - |
| 009 | Rjazancev 1962 | |
| 010 | Rjazancev 1963 | |
| 011 | Rjazancev 1963 | |
| 012 | Rjazancev 1963 | |
| 013 | Rjazancev 1963 | |
| 014 | Rjazancev 1963 | |
| 015 | Rjazancev 1963 | |

Tabelle III: (Teil 1) QUANTITATIVE DATEN

(Schachtofen, künstliche Luftzufuhr, kein Abstich)

Ofentyp: AIIa

| Nr. | Vorheizphase | | | Beschickungsphase | | | | Nachheizphase | | | Schlacke [kg] | Eisen [kg] | Σ Zeit | Σ HK [kg] | Ausbeute [%] |
|------------------|--------------|---------|------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------------|--------------------|--------|-------------------|------------|--------|-----------|--------------|
| | Holz [kg] | HK [kg] | Zeit | Erz [kg] | HK [kg] | Erz:HK | Zeit | HK [kg] | Zeit | | | | | | |
| 001 | + | + | - | | | | | | | | | | | | |
| 002 | - | + | 01:55 | 136,2 | + | - | 03:55 | + | >03:20 | | (3-4) | >09:10 | + | 0 | |
| 003 | - | - | min. 29,9 ¹ | | + | - | | - | | | | | - | | |
| 004 | - | 4,5 | 01:30 | ca.50 | 44,5 | 1:0,9 | 05:40 | 4 | 02:15 | + | 10,32 | 09:30 | 53 | A:40,5 | |
| 005 | - | 20,5 | 02:13 | 15 | 15 | 1:1 | 04:54 | 5 | (01:18) | - | + | >08:25 | 40,5 | | |
| 006 | - | 11 | 01:54 | 11 | 11 | 1:1 | 03:53 | 0 | | - | + | >05:47 | 22 | | |
| 007 | - | + | 13:45 | 47 | 61 | (1:1,3) | 10:30 | - | + | 19,8 | + | >24:15 | >61 | | |
| 008 | - | + | 16:00 | 23 | 37 | (1:1,6) | 04:00 | + | 03:40 | - | ca.2 | 23:40 | >37 | A:16,6 | |
| 009 | - | + | 13:15 | 44 | 60 | (1:1,4) | 07:15 | + | >02:00 | 16,2 | ca.6 ² | >22:30 | >60 | A:26,1 | |
| 010 | - | + | + | 23,5 | 27 | (1:1,1) | - | - | ca.12:00 | + | 0 | >17:00 | >27 | 0 | |
| 011 | - | - | - | - | - | (1:1,5) | - | - | 24-48 ³ | + | + | - | - | - | |
| 012 | - | - | - | 20-25 | 20-25 | (1:1) | - | - | 24-48 ³ | + | + | - | - | - | |
| 013 | - | - | - | 20-25 | 20-25 | (1:1) | - | - | 24-48 ³ | + | + | - | - | - | |
| 014 | + | + | (>07:00) | 75 | 67 | (1:0,9) | 08:19 | 7 | + | - | - | >15:19 | >74 | | |
| 015 | + | + | (>07:00) | 21 | 33 | (1:1,6) | 01:20 | - | + | - | - | >08:20 | >33 | | |
| 016 | - | 3 | (01:10) | 6 | 18 | (1:3) | (04:20) | 1,5 | (20:29) | - | (≈0,18) | (25:59) | 22,5 | D:≈3 | |
| 017 | - | 3 | (01:26) | 6 | 6 | (1:1) | (03:45) | 1,5 | (19:00) | - | (≈0,12) | (24:11) | 10,5 | D:≈2 | |
| 018 | - | 3 | (02:20) | 6 | 3 | (1:0,5) | (02:20) | 1,5 | (21:05) | - | (<0,12) | (25:45) | 7,5 | D:≈2 | |
| 019 | - | 4 | (01:04) | 7 | 7 | (1:1) | (01:01) | 4,0 | (21:59) | - | (2,17) | (24:04) | 15,0 | D:31 | |
| 020 | - | + | (05:30) | 13 | 28 | (1:2,1) | (03:25) | + | (02:48) | - | 0 | (11:43) | >28 | 0 | |
| 021 | - | + | (03:45) | 33 | 31 | (1:0,9) | (02:15) | + | (02:10) | - | (4,29) | (08:10) | >31 | D:13 | |
| 022 | ca.10 | + | 03:00 | 6 | 2 | 1:0,3 | 01:30 | 0 | 02:10 | - | 2,1 | 06:40 | >2 | A:56,7 | |
| 023 | ca.10 | + | 01:35 | 6 | 6 | 1:1 | 01:35 | 0 | 03:10 | - | 2,0 | 06:20 | >6 | A:54,0 | |
| 024 | ca.10 | + | 01:30 | 5 | 5 | 1:1 | 00:40 | 0 | 02:20 | - | 2,3 | 04:30 | >5 | A:46,0 | |
| 025 | ca.10 | + | 01:42 | 6 | 6 | 1:1 | 00:48 | 0 | 02:50 | - | 0,2 | 05:20 | >6 | A:8,3 | |
| 026 | ca.10 | + | 01:41 | 7 | 7 | 1:1 | 01:07 | 0 | 03:24 | - | 1,6 | 06:12 | >7 | A:47,0 | |
| 027 | ca.10 | + | 01:30 | 7 | 7 | 1:1 | 01:39 | 0 | 01:38 | - | 2,5 | 05:47 | >7 | A:58,1 | |
| 028 | ca.10 | + | 04:00 | 6 | 6 | 1:1 | 01:05 | 0 | 02:20 | - | 2,6 | 07:25 | >6 | A:70,3 | |
| 029 | ca.10 | + | 02:39 | 6 | 6 | 1:1 | 01:11 | 0 | 02:16 | - | 2,0 | 06:06 | >6 | A:62,5 | |
| 030 | ca.10 | + | 03:35 | 6 | 6 | 1:1 | 01:11 | 0 | 03:04 | - | 1,5 | 07:49 | >6 | A:40,5 | |
| 031 | - | + | - | 15 | 15 | 1:1 | 02:00 | 0 | >04:00 | - | ca.4,0 | >06:00 | >15 | A:67,8 | |
| 032 | - | ca.47 | 02:00 | 24,5 | ca.55 | 1:2,2 | 11:00 | ca.18 | 14:00 | 9 | + | 27:00 | 12 | - | |
| 033 | - | + | (02:00) | 14 | 14 | (1:1) | (06:00) | + | (02:30) | ca.10 | 0 | 10:30 | 20 | 0 | |
| 034 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | 0 | 04:00 | - | 0 | |
| 035 | - | + | (02:50) | 20 | 20 | (1:1) | (04:10) | + | (03:30) | + | 0,24 ⁴ | 10:30 | 30 | A:2,3 | |
| 036 | - | + | (02:00) | 25 | 30 | (1:1,2) | (10:50) | + | (04:00) | 15-16 | 0,27 ⁵ | 16:50 | 60 | A:2,1 | |
| 037 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | |
| 038 | - | + | <01:15 | 17 | 24 | (1:1,4) | (04:20) | + | (04:30) | 5,5 | (4,2) | 10:05 | 45 | B:47,6 | |
| 039 | - | + | (02:15) | 20 | 33 | (1:1,6) | (04:00) | + | (05:15) | ca.4,0 | (ca.2) | 11:30 | - | B:19,4 | |
| 040 | - | - | - | 81 | - | - | (09:00) | - | - | ca.70 | - | - | - | - | |
| 041 | - | - | - | 75 | - | - | (10:00) | - | - | - | - | - | - | - | |
| 042 | - | - | - | 21 | 33 | (1:1,5) | (02:40) | - | - | - | - | - | - | - | |
| 043 | - | - | - | 51 | - | - | (11:00) | - | - | - | - | - | - | - | |
| 044 | - | - | - | 90 | - | - | (11:00) | - | - | - | - | - | - | - | |
| 045 | + | >13 | 20:04 | >8 | + | - | >01:28 | - | + | 80 | + | >21:32 | + | + | |
| 046 ⁶ | + | + | 00:40 | 35 | + | (1:4,2) | - | + | + | 25 | 0,60 | 07:50 | 14,6 | A:ca.3,5 | |
| 047-76 | | | | | | | | | | | | | | | |

Legende:

- Keine Angabe + Angabe nicht numerisch

Anmerkungen:

- The volume of charcoal per charge was the same as the first smelt, but the ore charges were smaller, 33 pounds" (Childs/Schmidt 1985, 134). Demnach wurden mindestens 2 x 33 lbs. (= 29,9 kg) beschickt.
- Siehe Pleiner 1969, Table VI. Aber: "The iron sponge (2.41 kg) was cut from the conglomerate" (ebd. 470). Ebenso: "Insgesamt wurden etwa 6 kg Eisen reduziert. ... Die abgehaucene Eisenschwamm wog 2,41 kg" (Pleiner 1973, 20).
- The furnace has been left for 24-48 hours for cooling and then it has been pulled down" (Pleiner/Radwan 1962, 320).
- Aus einem "Schlacke-Eisenschwamm-Gebilde" (Britt 1986, 36 Tab. 1) wurden "40 g Stahl" (ebd.) ausgeschmiedet.
- "Ausgeschmiedet ergibt 270 g Stahl" (Britt 1986, 36 Tab. 1).
- Bei diesem Versuch wurden außerdem 15 kg Schlacke eingegeben. Der Versuch wird deshalb bei der Datenauswertung nicht berücksichtigt.

Tabelle III: (Teil 2)

| Nr. | Publikation | Versuch/Datum |
|---------|--|-------------------|
| 001 | Berre 1987 | - |
| 002 | Childs/Schmidt 1985, 128-33, Tab.3 | Smelt no. 1/1975 |
| 003 | Childs/Schmidt 1985, 133-135 | Smelt no. 2/1975 |
| 004 | Gilles 1969, 943-945 | Versuch IV |
| 005 | Hagfeldt 1966, 61-62, Tab.1 | Experiment 1 |
| 006 | Hagfeldt 1966, 62-63, Tab.4 | Experiment 2 |
| 007 | Pleiner 1969, 467-68, Tab. VI Smelt I.1/1964 | - |
| 008 | Pleiner 1969, 468-70, Tab. VI Smelt II.1/1964 | - |
| 009 | Pleiner 1969, 470-71, Tab. VI Smelt II.2/1964 | - |
| 010 | Pleiner 1969, 471, Tab. VI | Smelt III.1/1964 |
| 011 | Pleiner/Radwan 1962, 313-15, 319-20 Typu swiokozr. I | - |
| 012 | Pleiner/Radwan 1962, 313-15, 319-20 Typu swiokozr. - | - |
| 013 | Pleiner/Radwan 1962, 313-15, 319-20 Typu swiokozr. - | - |
| 014 | Radwan 1964, 368 | Piec B /26.08.63 |
| 015 | Radwan 1964, 368 | Piec R /27.08.63 |
| 016 | Souschopova/Sransky 1983, 542-44, Tab.1 | I/1972 |
| 017 | Souschopova/Sransky 1983, 542-44, Tab.1 | II/1972 |
| 018 | Souschopova/Sransky 1983, 542-44, Tab.1 | III/1973 |
| 019 | Souschopova/Sransky 1983, 542-44, Tab.1 | IV/1973 |
| 020 | Souschopova/Sransky 1983, 542-44, Tab.2 | I/28.01.78 |
| 021 | Souschopova/Sransky 1983, 542-44, Tab.2 | II/17.06.78 |
| 022 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.1 |
| 023 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.2 |
| 024 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.3 |
| 025 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.4 |
| 026 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.5 |
| 027 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.6 |
| 028 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.7 |
| 029 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.8 |
| 030 | Tholander 1987, 70-72, Tab.6, I | Smelt no.9 |
| 031 | Tholander 1987, 81-82 | Smelt no.13 |
| 032 | Zimmerman 1985, 58, Abb.4 | Ofen III |
| 033 | Britt 1986, 36-37 | Versuch 1 |
| 034 | Britt 1986, 36-37 | Versuch 2 |
| 035 | Britt 1986, 36-37 | Versuch 3 |
| 036 | Britt 1986, 36-37 | Versuch 4 |
| 037 | Britt 1986, 36-37 | Versuch 5 |
| 038 | Britt 1986, 36-37 | Versuch 6 |
| 039 | Britt 1986, 36-37 | Versuch 7 |
| 040 | Bielenin 1973, 64-66 | 1962 |
| 041 | Bielenin 1973, 64-66 | 1962 |
| 042 | Bielenin 1973, 64-66 | 1962 |
| 043 | Bielenin 1973, 64-66 | 1965 |
| 044 | Bielenin 1973, 64-66 | 1965 |
| 045 | Mazar/Nosek 1966, 27 | 19-20.09.62 |
| 046 | Friede/Steel 1977 | Batch 26 |
| 047-076 | Friede/Steel 1977 | Batch 1-25, 27-30 |

Tabelle IV: (Teil 2)

| Nr. | Publikation | Versuch/Datum |
|---------|-----------------------------------|-------------------|
| 001 | Cleere 1970, 17, fig.8 | Trial 1 |
| 002 | Cleere 1970, 17, fig.9 | Trial 2 |
| 003 | Cleere 1970, 20, fig.10 | Trial 3 |
| 004 | Cleere 1970, 20, fig.11 | Trial 4 |
| 005 | Espeind 1987 | - |
| 006 | Gebbers/Linke 1987, 72 | Tschemo I |
| 007 | Gebbers/Linke 1987, 72-73 | Tschemo II |
| 008 | Gebbers/Linke 1987, 73 | Tschemo III |
| 009 | Gebbers/Linke 1987, 74 | Tschemo VI |
| 010-026 | Kolein/Krug 1965 | No 1 - No 17 |
| 027 | Pleiner/Radwan 1962, 319-320 | Lodenice |
| 028 | Pleiner/Radwan 1962, 319-320 | Lodenice |
| 029 | Straube et al. 1964 | Kleiner Ofen |
| 030 | Straube et al. 1964 | Großer Ofen |
| 031 | Sperl 1986, 32-33 | Vorderbgb. Stob |
| 032-042 | Tylecote et al. 1973 | Smelt no. 1-11 |
| 043 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 12 |
| 044 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 13 |
| 045 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 14 |
| 046 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 15 |
| 047 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 16 |
| 048 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 17 |
| 049 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 18 |
| 050 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 19 |
| 051 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 20 |
| 052 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 21 |
| 053 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 22 |
| 054 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 23 |
| 055 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 24 |
| 056 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 25 |
| 057 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 26 |
| 058 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 27 |
| 059 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 28 |
| 060 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 29 |
| 061 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 30 |
| 062 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 31 |
| 063 | Tylecote/Austin/Wraith 1973 | Smelt no. 32 |
| 064 | Jacobsen/Larsen/Narmo 1988, 97 | Forsøk nr. 1/1987 |
| 065 | Jacobsen/Larsen/Narmo 1988, 98-99 | Forsøk nr. 2/1987 |
| 066 | Jacobsen/Larsen/Narmo 1988, 100 | Forsøk nr. 3/1987 |
| 067 | Jacobsen/Larsen/Narmo 1988, 100 | Forsøk nr. 4/1987 |

Tabelle IV: (Teil 1) QUANTITATIVE DATEN
(Schachtofen, künstliche Luftzufuhr, Abstich)
Ofentyp: AIIb

| Nr. | Vorheizphase | | | Beschickungsphase | | | Nachheizphase | | | Schlacke [kg] | Eisen [kg] | Σ Zeit | Σ Hk [kg] | Ausbeute [%] |
|-----------------|--------------|---------|---------|-------------------|---------|----------|---------------|---------|--------|---------------|------------|---------|-----------|----------------------|
| | Holz [kg] | Hk [kg] | Zeit | Erz [kg] | Hk [kg] | Erz:Hk | Zeit | Hk [kg] | Zeit | | | | | |
| 001 | - | + | + | ca.24,1 | ca.24,1 | 1:1 | 04:05 | + | + | - | 0 | >04:05 | >53 | 0 |
| 002 | - | ca.15,9 | 00:30 | ca.91,3 | 101,2 | 1:1,1 | 09:21 | + | + | - | ca.9 | >09:51 | >120,5 | A:24,9 |
| 003 | - | ca.13,6 | 00:27 | ca.32,7 | ca.16,3 | 1:0,5 | 03:13 | + | + | - | ca.0,9 | >03:40 | >29,9 | A:7,0 |
| 004 | - | ca.16,3 | 00:26 | ca.24,1 | ca.11,4 | 1:0,5 | 02:30 | + | 03:25 | - | ca.0,9 | >06:21 | >27,7 | A:9,5 |
| 005 | + | - | (02:50) | 6 | 7 | (1:1,2) | (01:00) | - | 01:00 | - | 0 | >04:50 | 7 | 0 |
| 006 | + | + | - | + | - | - | - | 0 | 0 | - | 0 | 02:00 | + | 0 |
| 007 | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | - | 0 | - | - | 0 |
| 008 | - | + | - | + | + | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 009 | - | - | - | 77,5 | max.30 | (1:0,4) | - | - | - | - | - | (04:30) | 30 | - |
| 010-026 s. Anm. | | | | | | | | | | | | | | |
| 027 | - | + | - | 20-25 | 20-25 | (1:1) | - | - | 24-28 | + | - | - | - | - |
| 028 | - | + | - | 20-25 | 20-25 | (1:1) | - | - | 24-28 | + | - | - | - | - |
| 029 | - | 100 | 10:30 | 45 | 40 | 1:0,8 | 04:53 | 15 | 09:39 | + | + | 25:02 | 155 | + |
| 030 | - | 275 | 10:30 | 65 | 75 | 1:1,1 | 04:26 | 25 | 78:00 | >10,5 | (>3,2) | 82:56 | 375 | B:>2,2 |
| 031 | + | + | (03:00) | 50 | 50 | 1:1 | - | + | >01:00 | - | - | >04:00 | >50 | - |
| 032-042 | | | | | | | | | | | | | | |
| 043 | - | + | - | 7,3 | 13,7 | (1:2) | - | - | - | 2,2 | (1,8) | - | 80 | - |
| 044 | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 045 | - | + | - | 7,3 | 14,5 | (1:2) | - | - | - | 2,2 | (2,6) | - | 92 | B:104,4 ² |
| 046 | - | + | - | 7,3 | 10,9 | (1:1,5) | - | - | - | 3,2 | (0,9) | - | 55 | B:36,1 |
| 047 | - | + | - | 11,8 | 7,3 | (1:1) | - | - | - | 3,8 | (4,9) | - | 46 | B:125,6 |
| 048 | - | + | - | 27,2 | 20,4 | (1:0,75) | - | - | - | 14,4 | (3,6) | - | 74 | B:40,4 |
| 049 | - | + | - | 22,7 | 17,2 | (1:0,75) | - | - | - | 15,0 | (2,3) | - | 80 | B:30,7 |
| 050 | - | + | - | 27,2 | 13,6 | (1:0,5) | - | - | - | 16,3 | (5,8) | - | 37 | B:65,2 |
| 051 | - | + | - | 14,5 | 4,5 | (1:0,25) | - | - | - | 10,6 | (3,2) | - | 33 | B:66,7 |
| 052 | - | + | - | 18,2 | 18,2 | (1:1) | - | - | - | - | (6,4) | - | 45 | B:106,6 |
| 053 | - | + | - | 20,0 | 10,0 | (1:0,5) | - | - | - | - | (3,0) | - | 33 | D:15,0 |
| 054 | - | + | - | 10,9 | 5,5 | (1:0,5) | - | - | - | - | (2,5) | - | 24,5 | B:50,0 |
| 055 | - | + | - | 10,9 | 10,9 | (1:1) | - | - | - | - | (3,2) | - | 2,6 | B:64,0 |
| 056 | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 057 | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 058 | - | + | - | 22,7 | 11,4 | (1:0,5) | - | - | - | - | (6,5) | - | 38 | B:62,5 |
| 059 | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 060 | - | + | - | 16,3 | 8,2 | (1:0,5) | - | - | - | - | (3,4) | - | 33 | B:45,3 |
| 061 | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 062 | - | + | - | 18,2 | 9,1 | (1:0,5) | - | - | - | - | (4,3) | - | 18 | B:51,2 |
| 063 | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 064 | + | - | 03:00 | >5 | + | - | >00:20 | - | - | - | 0 | >03:20 | + | - |
| 065 | + | - | 03:00 | >3 | >7 | ca.1:2 | >00:40 | - | - | + | + | >03:40 | + | + |
| 066 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | + |
| 067 | - | - | - | - | - | ca.1,7:1 | - | - | - | + | + | - | - | + |

Legende:
- Keine Angabe + Angabe nicht numerisch

Anmerkungen:
¹ Die russische Publikation konnte von mir nicht übersetzt werden. Die Publikation von Radwan und Pleiner (1963, 68-71) ist in diesem Zusammenhang nicht hilfreich, da die Daten nicht nach Versuchen getrennt angegeben werden.
² Bei allen Ausbeuten über 100 % muß die Luppe einen sehr hohen Schlackeanteil haben.

Tabelle V: (Teil 1) QUANTITATIVE DATEN
(Grubenofen, künstliche Luftzufuhr, kein Abstich)
Ofentyp: BIIa

| Nr. | Vorheizphase | | | Beschickungsphase | | | Nachheizphase | | | Schlacke [kg] | Eisen [kg] | Σ Zeit | Σ Hk [kg] | Ausbeute [%] |
|-------|--------------|---------|-------|-------------------|---------|---------|---------------|---------|--------|---------------|------------|---------|------------------|----------------------|
| | Holz [kg] | Hk [kg] | Zeit | Erz [kg] | Hk [kg] | Erz:Hk | Zeit | Hk [kg] | Zeit | | | | | |
| 001 | + | + | 01:00 | 5 | 6,5 | (1:1,3) | (00:40) | - | >01:00 | - | - | >02:40 | >6,5 | - |
| 002 | - | - | 00:30 | 5,5 | 9 | (1:1,6) | - | - | - | - | - | >03:10 | >9 | - |
| 003 | - | - | - | 0,5 | - | - | - | - | - | - | + | - | - | + |
| 004 | - | - | - | 0,5 | - | - | - | - | - | - | + | 2,0 | + | - |
| 005 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6 | 26:00 | - | C:ca.20 ¹ |
| 006 | - | + | - | 1,36 ² | 5,4 | (1:4) | - | - | - | 1,13 | 0 | 07:00 | 5,4 ³ | 0 |
| 007 | - | + | - | 1,36 | 5,4 | (1:4) | - | - | - | 1,13 | 0 | 07:00 | 5,4 | 0 |
| 008 | - | + | - | 1,36 | 5,4 | (1:4) | - | - | - | 1,13 | 0 | 08:00 | 5,4 | 0 |
| 009 | - | + | - | 1,36 | 6,8 | (1:5) | - | - | - | 1,13 | 0 | 08:00 | 6,8 | 0 |
| 010 | - | + | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 1,58 | 0 | 10:00 | 7,2 | 0 |
| 011 | - | + | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 1,72 | 0 | 10:00 | 7,2 | 0 |
| 012 | - | + | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 1,72 | 0 | 12:00 | 7,2 | 0 |
| 013 | - | + | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 1,72 | 0 | 10:00 | 7,2 | 0 |
| 014 | - | + | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 1,81 | 0 | 08:00 | 7,2 | 0 |
| 015 | - | + | - | 1,81 | 9,0 | (1:5) | - | - | - | 1,81 | 0 | 10:00 | 9,0 | 0 |
| 016 | - | + | - | 1,36 | 6,5 | (1:4) | - | - | - | 1,27 | 0 | 10:00 | 5,4 | 0 |
| 017 | - | + | - | 1,36 | 6,5 | (1:4) | - | - | - | 1,27 | 0 | 10:00 | 5,4 | 0 |
| 018 | - | + | - | 1,36 | 6,5 | (1:4) | - | - | - | 1,13 | 0 | 10:00 | 5,4 | 0 |
| 019 | - | + | - | 0,90 | 4,0 | (1:4,5) | - | - | - | 0,90 | 0 | 08:00 | 4,0 | 0 |
| 020 | - | + | - | 0,90 | 4,5 | (1:5) | - | - | - | 0,90 | 0 | 08:00 | 4,5 | 0 |
| 021 | - | + | - | 0,90 | 2,7 | (1:3) | - | - | - | 0,81 | 0 | 08:00 | 2,7 | 0 |
| 022 | - | + | - | 1,36 | 4,0 | (1:3) | - | - | - | 1,36 | 0 | 10:00 | 4,0 | 0 |
| 023 | - | + | - | 0,90 | 2,7 | (1:3) | - | - | - | 0,56 | 0,11 | 05:00 | 2,7 | C:12,5 |
| 024 | - | + | - | 0,45 | 1,8 | (1:4) | - | - | - | 0,22 | 0,11 | 04:00 | 1,8 | C:25,0 |
| 025 | - | + | - | 0,45 | 3,6 | (1:8) | - | - | - | 0,40 | 0 | 08:00 | 3,6 | 0 |
| 026 | - | - | - | 0,45 | 2,7 | (1:6) | - | - | - | 0,36 | 0 | 04:00 | 2,7 | 0 |
| 027 | - | - | - | 0,90 | 3,6 | (1:4) | - | - | - | 0,81 | 0 | 04:00 | 3,6 | 0 |
| 028 | - | - | - | 1,36 | 5,4 | (1:4) | - | - | - | 1,13 | 0 | 06:00 | 5,4 | 0 |
| 029 | - | - | - | 1,81 | 5,4 | (1:3) | - | - | - | 1,58 | 0,13 | 08:00 | 5,4 | C:7,5 |
| 030 | - | - | - | 2,72 | 8,1 | (1:3) | - | - | - | 1,81 | 0,22 | 09:00 | 8,1 | C:8,3 |
| 031 | - | - | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 1,58 | 0,13 | 06:00 | 7,2 | C:7,5 |
| 032 | - | - | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 0,59 | 0,13 | 06:00 | 7,2 | C:7,5 |
| 033 | - | - | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 0,45 | 0,22 | 06:00 | 7,2 | C:12,5 |
| 034 | - | - | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 0,40 | 0,36 | 06:00 | 7,2 | C:20,0 |
| 035 | - | - | - | 1,81 | 7,2 | (1:4) | - | - | - | 0,40 | 0,36 | 06:00 | 7,2 | C:20,0 |
| 036-? | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ca.0,5 | - | 4-6Std. | - | - |
| ?-? | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ca.0,040 | - | - | - | - |

Legende:
- Keine Angabe + Angabe nicht numerisch

Anmerkungen:
¹ "Nur bei ca. 20% wird aus den Erzen ausgeschmolzen" (Wurmbrand 1875, 152).
² Die Originaldaten in "lb" wurden in "kg" umgerechnet (1 lb = 0,454 kg).
³ Wynne und Tylecote erläutern nicht, ob es sich hierbei um die Gesamtmenge oder nur um die während der Beschickungsphase eingegebene Holzkohle handelt. Dies gilt ebenso für die Versuche Nr. 007-025.

Tabelle V: (Teil 2)

| Nr. | Publikation | Versuch/Datum |
|-----|--------------------------|---------------|
| 001 | Tholander 1987, 75-76 | Smelt No.10 |
| 002 | Tholander 1987, 75-77 | Smelt No.11 |
| 003 | Tholander 1987, 79-80 | Smelt No.18 |
| 004 | Tholander 1987, 79-80 | Smelt No.23 |
| 005 | Wurmbrand 1875, 152 | - |
| 006 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 007 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 008 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 009 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 010 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 011 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 012 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 013 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 014 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 015 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 016 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 017 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 018 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 019 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |

| | | |
|-------|--------------------------|-----------|
| 020 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 021 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 022 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 023 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 024 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 025 | Wynne/Tylecote 1958, 344 | Method I |
| 026 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 027 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 028 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 029 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 030 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 031 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 032 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 033 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 034 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 035 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II |
| 036-? | O'Kelly 1961 | - |
| ?-? | Varoufakis 1986 | - |

Tabelle VI: (Teil I) QUANTITATIVE DATEN
(Kuppelofen, künstliche Luftzufuhr, kein Abstich)
Ofentyp: CIIa

| Nr. | Vorheizphase | | | Beschickungsphase | | | Nachheizphase | | | Schlacke [kg] | Eisen [kg] | Σ Zeit | Σ Fk [kg] | Ausbeute [%] |
|-----|--------------|---------|------|-------------------|---------|--------|---------------|---------|------|---------------|------------|--------|-----------|--------------|
| | Holz [kg] | Fk [kg] | Zeit | Erz [kg] | Fk [kg] | Erz:Fk | Zeit | Fk [kg] | Zeit | | | | | |
| 001 | - | - | - | 1,81 | 5,4 | (1:3) | - | - | - | 1,58 | 0,13 | 06:00 | 5,4 | C:7,5 |
| 002 | - | - | - | 1,81 | 5,4 | (1:3) | - | - | - | 1,36 | 0,22 | 06:00 | 5,4 | C:12,5 |
| 003 | - | - | - | 1,81 | 5,4 | (1:3) | - | - | - | 1,27 | 0,36 | 06:00 | 5,4 | C:20,0 |

Legende:
- Keine Angabe + Angabe nicht numerisch

Tabelle VI: (Teil 2)

| Nr. | Publikation | Versuch/Datum |
|-----|--------------------------|------------------|
| 001 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II [Nr.1] |
| 002 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II [Nr.2] |
| 003 | Wynne/Tylecote 1958, 346 | Method II [Nr.3] |

Tabelle VII: Eisenanalysen (Teil 1)

| Nr. | Ofentyp | Proben | C | Si | Mn | P | S |
|-------|---------|-----------|-------------------|------|-------|-------|-------|
| 01 | Ala | Luppe | <0,01 | 0,76 | 0,04 | 0,67 | 0,03 |
| 02a | Ala | Luppe | 0,45 | - | - | 0,08 | - |
| 02b | Ala | dieselbe | 0,87 | - | - | 0,14 | - |
| 02c | Ala | dieselbe | 0,11 | - | - | 0,06 | - |
| 02d | Ala | dieselbe | 0,07 | - | - | 0,06 | - |
| 02e | Ala | dieselbe | 0,06 | - | - | 0,06 | - |
| 03a | Alb | Luppe | 3,53 | 2,65 | 0,86 | 0,312 | 0,083 |
| 03b | Alb | dieselbe | 3,70 | 3,45 | 1,03 | 0,38 | 0,032 |
| 03c | Alb | dieselbe | 2,28 | 2,05 | 0,74 | 0,172 | 0,072 |
| 03d | Alb | dieselbe | 2,92 | 1,50 | 0,80 | 0,104 | 0,078 |
| 04 | Alb | Luppe | 2,75 | 0,88 | 0,44 | 0,096 | 0,512 |
| 05 | Alb | Luppe | 1,20 | 0,82 | 0,47 | 0,120 | 0,125 |
| 06 | Alb | Luppe | 3,49 | 2,59 | 0,92 | 0,292 | 0,106 |
| 07 | Alb | Luppe | 3,00 | 2,21 | 0,81 | 0,100 | 0,072 |
| 08 | Alb | Luppe | 0,09 | - | - | - | - |
| 09a | AlIa | Luppe | 0,07 | - | - | - | - |
| 09b | AlIa | dieselbe | 0,24 | - | - | - | - |
| 09c | AlIa | dieselbe | 0,87 | - | - | - | - |
| 09d | AlIa | dieselbe | 2,20 | - | - | - | - |
| 09e | AlIa | dieselbe | 4,36 | - | - | - | - |
| 10a | AlIa | Luppe | 0,006 | - | 2,19 | - | - |
| 10b | AlIa | dieselbe | 0,070 | - | - | 0,64 | - |
| 10c | AlIa | dieselbe | 0,077 | - | 0,11 | 0,41 | - |
| 10d | AlIa | dieselbe | 0,055 | - | 0,20 | 0,40 | - |
| 10e | AlIa | dieselbe | 0,017 | - | 0,28 | 0,33 | - |
| 10f | AlIa | dieselbe | 0,022 | - | 0,18 | - | - |
| 10g | AlIa | dieselbe | 0,022 | - | 0,21 | 0,27 | - |
| 10h | AlIa | dieselbe | - | - | 2,57 | 0,70 | - |
| 10i | AlIa | dieselbe | - | - | 2,57 | 0,60 | - |
| 10j | AlIa | dieselbe | - | - | 2,56 | 0,66 | - |
| 11 | AlIa | Luppe | 0,80 ¹ | - | 0,12 | 0,15 | - |
| 12 | AlIa | s. Anm. 2 | - | - | - | - | - |
| 13 | AlIa | Luppe | 0,11 | 7,80 | 1,04 | 0,04 | 0,52 |
| 14a | AlIa | Luppe | 0,02 | - | - | - | - |
| 14b | AlIa | dieselbe | 0,80 | - | - | - | - |
| 15a-e | AlIb | Luppe | 0,03 | - | - | - | - |
| 15f | AlIb | dieselbe | 0,03 | - | - | - | - |
| 15g | AlIb | dieselbe | 0,08 | - | - | - | - |
| 15h | AlIb | dieselbe | 0,10 | - | - | - | - |
| 15i | AlIb | dieselbe | 0,20 | - | - | - | - |
| 15j | AlIb | dieselbe | 0,20 | - | - | - | - |
| 15k | AlIb | dieselbe | 0,35 | - | - | - | - |
| 15l | AlIb | dieselbe | 0,40 | - | - | - | - |
| 15m | AlIb | dieselbe | 0,45 | - | - | - | - |
| 15n | AlIb | dieselbe | 0,80 | - | - | - | - |
| 15o | AlIb | dieselbe | 0,80 | - | - | - | - |
| 15p | AlIb | dieselbe | 1,10 | - | - | - | - |
| 16 | AlIb | Luppe | 2,95 | - | - | - | - |
| 17a-c | AlIb | Luppe | 0,08 | - | - | - | - |
| 17d | AlIb | dieselbe | 0,15 | - | - | - | - |
| 17e | AlIb | dieselbe | 0,20 | - | - | - | - |
| 17f-i | AlIb | dieselbe | 0,25 | - | - | - | - |
| 17j | AlIb | dieselbe | 0,30 | - | - | - | - |
| 17k | AlIb | dieselbe | 0,40 | - | - | - | - |
| 17l | AlIb | dieselbe | 0,75 | - | - | - | - |
| 17m | AlIb | dieselbe | 0,85 | - | - | - | - |
| 18 | AlIb | Luppe | 1,80 | 0,06 | 0,05 | 0,16 | 0,30 |
| 19 | AlIb | Luppe | 1,70 | 0,03 | 0,01 | 0,50 | 0,30 |
| 20 | AlIb | Luppe | 0,50 | 0,02 | <0,01 | 0,40 | 0,20 |
| 21 | AlIb | Luppe | 0,60 | 0,01 | <0,01 | 0,40 | 0,20 |
| 22 | AlIb | Luppe | 0,20 | - | - | - | 0,20 |
| 23 | AlIb | Luppe | 0,50 | - | - | - | 0,30 |
| 24 | AlIb | Luppe | 0,07 | - | - | - | 0,10 |
| 25 | AlIb | Luppe | 0,03 | 0,05 | <0,01 | 0,30 | 0,10 |
| 26 | AlIb | Luppe | 0,18 | 0,15 | <0,01 | 0,40 | 0,30 |
| 27 | AlIb | Luppe | 0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,17 | 1,00 |
| 28 | AlIb | Luppe | 0,03 | 0,07 | <0,01 | 0,15 | 1,00 |
| 29 | AlIb | Luppe | 0,07 | 0,02 | <0,01 | 0,40 | 1,00 |
| 30 | AlIb | Luppe | 0,30 | - | - | - | 1,00 |
| 31 | AlIb | Luppe | 0,05 | - | - | - | 1,00 |
| 32 | AlIb | Luppe | 0,05 | - | - | - | 1,00 |
| 33 | AlIb | Luppe | 0,70 | - | - | - | - |
| 34 | AlIb | s. Anm. 4 | - | - | - | - | - |

Tabelle VII: Eisenanalysen (Teil 2)

| Nr. | Publikation | Versuch |
|-----|--|---------------|
| 01 | Voss 1973, 61 | ? |
| 02 | Sadzot 1956, 569 | ? |
| 03 | Rjazanzev 1962, 20 | 1. Zakladanje |
| 04 | Rjazanzev 1962, 20 | 2. Zakladanje |
| 05 | Rjazanzev 1962, 20 | 3. Zakladanje |
| 06 | Rjazanzev 1962, 20 | 4. Zakladanje |
| 07 | Rjazanzev 1962, 20 | 6. Zakladanje |
| 08 | Gilles 1958, 1695 | 12.-14.05.58 |
| 09 | Hagfeldt 1966, 27 | Experiment 1 |
| 10 | Hagfeldt 1966, 45 | Experiment 2 |
| 11 | Pleiner 1969, 475-477 | Smelt II.2 |
| 12 | Tholander 1987 | ? |
| 13 | Gilles 1960, 945 | Versuch IV |
| 14 | Mazur/Nosek 1966, 33 | ? |
| 15 | Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, Bild 17 | Großer Ofen |
| 16 | Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, 28 | Großer Ofen |
| 17 | Straube/Tarmann/Plöckinger 1964, Bild 28 | Kleiner Ofen |
| 18 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 12 |
| 19 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 14 |
| 20 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 15 |
| 21 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 16 |
| 22 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 17 |
| 23 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 18 |
| 24 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 19 |
| 25 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 20 |
| 26 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 21 |
| 27 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 22 |
| 28 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 23 |
| 29 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 24 |
| 30 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 27 |
| 31 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 29 |
| 32 | Tylecote/Austin/Wraith 1973, 48 | Smelt no. 31 |
| 33 | Radwan/Pleiner 1963, 70 | ? |
| 34 | Jakobsen/Larsen/Narmo 1988, 107 | ? |

Tabelle VIII: Datengrundlage der Regressionsanalysen

| Ofentyp | Vers Nr | Σ Hk | Erz | Schlacke | Luppe | Eisen |
|---------|---------|--------|--------|----------|-------|-------|
| A1a | 001 | | 64,00 | 40,00 | | 3,50 |
| A1a | 005 | 61,25 | 24,50 | 14,30 | 3,92 | |
| A1a | 015 | 130,00 | 30,00 | 10,00 | 0 | 0 |
| A1b | 002 | 509,00 | 152,00 | 128,00 | | 17,30 |
| A1a | 077 | 9,10 | 1,50 | 1,13 | | 0,16 |
| A1a | 078 | 6,90 | 1,50 | 1,39 | | 0,13 |
| A1a | 080 | 5,20 | 5,20 | 2,62 | | 1,63 |
| A1a | 007 | 61,00 | 47,00 | 19,80 | | |
| A1a | 009 | 60,00 | 44,00 | 16,20 | | |
| A1a | 032 | 120,00 | 24,50 | 9,00 | | |
| A1a | 033 | 14,00 | 14,00 | 10,00 | 0 | 0 |
| A1a | 036 | 30,00 | 25,00 | 15,50 | | 0,27 |
| A1a | 038 | 24,00 | 17,00 | 5,50 | 4,20 | |
| A1a | 039 | 33,00 | 20,00 | 4,00 | 2,00 | |
| A1a | 040 | | 81,00 | 70,00 | | |
| A1b | 043 | 13,70 | 7,30 | 2,20 | 1,80 | |
| A1b | 045 | 14,50 | 7,30 | 2,20 | 2,60 | |
| A1b | 046 | 10,90 | 7,30 | 3,20 | 0,90 | |
| A1b | 047 | 7,30 | 11,80 | 3,80 | 4,90 | |
| A1b | 048 | 20,40 | 27,20 | 14,40 | 3,60 | |
| A1b | 049 | 17,20 | 22,70 | 15,00 | 2,30 | |
| A1b | 050 | 13,60 | 27,20 | 16,30 | 5,80 | |
| A1b | 051 | 4,50 | 14,50 | 10,60 | 3,20 | |
| A1b | 063 | 31,00 | 20,00 | 2,21 | 6,98 | 0,16 |
| A1b | 064 | 33,00 | 18,00 | 1,84 | 8,40 | 1,00 |
| A1b | 065 | 22,00 | 16,00 | 1,84 | 8,10 | 0,30 |
| A1b | 066 | 41,00 | 29,00 | 3,45 | 20,89 | |
| B1a | 006 | 5,40 | 1,36 | 1,13 | 0 | 0 |
| B1a | 007 | 5,40 | 1,36 | 1,13 | 0 | 0 |
| B1a | 008 | 5,40 | 1,36 | 1,13 | 0 | 0 |
| B1a | 009 | 6,80 | 1,36 | 1,13 | 0 | 0 |
| B1a | 010 | 7,20 | 1,81 | 1,58 | 0 | 0 |
| B1a | 011 | 7,20 | 1,81 | 1,72 | 0 | 0 |
| B1a | 012 | 7,20 | 1,81 | 1,72 | 0 | 0 |
| B1a | 013 | 7,20 | 1,81 | 1,72 | 0 | 0 |
| B1a | 014 | 7,20 | 1,81 | 1,81 | 0 | 0 |
| B1a | 015 | 9,00 | 1,81 | 1,81 | 0 | 0 |
| B1a | 016 | 6,50 | 1,36 | 1,27 | 0 | 0 |
| B1a | 017 | 6,50 | 1,36 | 1,27 | 0 | 0 |
| B1a | 018 | 6,50 | 1,36 | 1,13 | 0 | 0 |
| B1a | 019 | 4,00 | 0,90 | 0,90 | 0 | 0 |
| B1a | 020 | 4,50 | 0,90 | 0,90 | 0 | 0 |
| B1a | 021 | 2,70 | 0,90 | 0,81 | 0 | 0 |
| B1a | 022 | 4,00 | 1,36 | 1,36 | 0 | 0 |
| B1a | 023 | 2,70 | 0,90 | 0,56 | | 0,11 |
| B1a | 024 | 1,80 | 0,45 | 0,22 | | 0,11 |
| B1a | 025 | 3,60 | 0,45 | 0,40 | 0 | 0 |
| B1a | 026 | 2,70 | 0,45 | 0,36 | 0 | 0 |
| B1a | 027 | 3,60 | 0,90 | 0,81 | 0 | 0 |
| B1a | 028 | 5,40 | 1,36 | 1,13 | 0 | 0 |
| B1a | 029 | 5,40 | 1,81 | 1,58 | | 0,13 |
| B1a | 030 | 8,10 | 2,72 | 1,81 | | 0,22 |
| B1a | 031 | 7,20 | 1,81 | 1,58 | | 0,13 |
| B1a | 032 | 7,20 | 1,81 | 0,59 | | 0,13 |
| B1a | 033 | 7,20 | 1,81 | 0,45 | | 0,22 |
| B1a | 034 | 7,20 | 1,81 | 0,40 | | 0,36 |
| B1a | 035 | 7,20 | 1,81 | 0,40 | | 0,36 |
| B1b | 001 | 50,00 | 15,00 | 14,14 | | 0,39 |
| B1b | 002 | 50,00 | 15,00 | 11,84 | | 0,19 |
| C1a | 001 | 5,40 | 1,81 | 1,58 | | 0,13 |
| C1a | 002 | 5,40 | 1,81 | 1,36 | | 0,22 |
| C1a | 003 | 5,40 | 1,81 | 1,27 | | 0,36 |

Anschrift des Verfassers:

Frank Nikulka M.A.
 Universität Tübingen
 Institut für Ur- und Frühgeschichte
 Abt. Jüngere Urgeschichte und
 Frühgeschichte
 Schloß Hohentübingen
 D-72070 Tübingen

Die Herstellung von wikingerzeitlichen tierkopfförmigen und dosenförmigen Fibeln aus Gotland

Ken Ravn Hedegaard

Gotland ist für den Archäologen der Traum für ein wohlbegrenztes Gebiet. Die Insel, ungefähr dreimal so groß wie Rügen, liegt mitten in der Ostsee zwischen dem schwedischen Festland und Lettland. Gotland ist seit Mitte der Eisenzeit von umfangreichen topographischen Veränderungen verschont geblieben. Das archäologische Fundmaterial der Vendel- und Wikingerzeit wird von besonderen und langlebigen Typen dominiert. Es gibt aus der Wikingerzeit und dem frühen Mittelalter ein reiches Material an schriftlichen Quellen über Gotland (A. Carlsson 1983, 17-37 und 118-126). Dazu kommen die berühmten Bildrunensteine von Gotland.

Die Insel nimmt deshalb einen hervorragenden Platz in der archäologischen Forschung im Norden ein. Besonders die gotländischen wikingerzeitlichen dosenförmigen und tierkopfförmigen Fibeln haben während dieses Jahrhunderts im Zentrum von mehreren Studien gestanden, z. B. Hanna Ryghs Doktorabhandlung von 1919 „Doseförmiga spännen från vikingatiden“, Märta Stenbergs „Das Gräberfeld bei Ihre auf Gotland“ von 1962, und Birger Nermans „Die Vendelzeit Gotlands“ von 1969/1975.

In 1983 publizierten Lena Thunmark-Nylen und Anders Carlsson ihre Doktorarbeiten über die dosenförmigen beziehungsweise

tierkopfförmigen Fibeln. Diese neueren Publikationen umfassen auch das technische Element des Studienmaterials. Die früheren Abhandlungen waren fast rein ornamenttypologische Studien. Das kann einen eigentlich nur verwundern, da die schwedische Forschung bereits frühzeitig hervorragende Beiträge zur frühgeschichtlichen Technologie erbracht hat. Hier sind zu nennen A. Oldeberg 1943/1966 und I. Zachrisson 1960/1962 samt K. Lamm 1973/1980.

Bis in die achtziger Jahre hinein sieht es so aus, als ob die Erforschung der genannten Fibeltypen geteilt war in einen mehr traditionellen, zweidimensionalen ornamenttypologisch/chronologischen und einen dreidimensionalen technologisch/metallurgischen Teil. Mit Carlssons und speziell Thunmark-Nyléns Arbeiten - und nicht zu vergessen Ingmar Janssons Behandlung der gleichzeitigen schalenförmigen Fibeln im Jahre 1985 - hat man versucht, die bis dahin geteilte Forschung zu vereinigen. So etwas geschieht aber nicht ohne Hinderungen, da die archäologische Ausbildung nur ganz sporadisch die technische Seite des archäologischen Materials umfaßt. Die implizierten Forscher mußten sich auf eigene Faust technologische Kenntnisse erwerben. Hier ist in der Regel die Rede von einem Handwerk, das heutzutage ausgestorben ist, oder eine Entwicklung erfahren hat, so daß man nicht unmittelbar den heutigen Kupferlegierungs-Guß mit den Methoden der Wikingerzeit vergleichen kann. Es gibt selten einen anderen Ausweg, als selbst mit technischen Untersuchungen und experimentellen Versuchen zu beginnen.

Ich habe versucht in die Fußstapfen von Carlsson und Thunmark-Nylen zu treten, indem ich Kenntnisse über das Handwerk der späten Eisenzeit und Wikingerzeit aus dem gleichen archäologischen Material zu erlangen versuche, mit dem diese beiden Forscher gearbeitet haben: den gotländischen dosenförmigen und tierkopfförmigen Fibeln.

Mein primäres Forschungsmaterial ist das zum größten Teil unpublizierte Material von

Fyns Stifts Museum und vom Archäologischen Landesmuseum in Schleswig-Holstein Schloß Gottorf.

Ich möchte an dieser Stelle Herrn Dr. Henrik Thrane (Fyns Stift Museum) und Herrn Prof. Dr. Kurt Schietzel (Arch. Landesmus. Schleswig-Holstein) mitsamt Frau Dr. Ingrid Ulbricht für ihr großes Entgegenkommen, und die Möglichkeit, Einsicht in das Material zu nehmen, danken.

DAS MATERIAL:

Die Fibeln aus Fyns Stift Museum sind ein sogenannter „Magazinfund“. Die Museumsjournale vermelden leider nichts über den Fundplatz, und unter welchen Umständen die Fibeln in das Museum gelangt sind. Die Fibeln selbst sind allerdings klare gotländische Wikingerzeittypen, zwei dosenförmige und zwei tierkopfförmige Fibeln (Abb. 1-12 und 27). Speziell die letztgenannten Fibeltypen wurden mit wenigen Ausnahmen alle auf Gotland gefunden. Die dosenförmigen Fibeln treten doch relativ häufig außerhalb der Insel auf. Ein Exemplar (Fasson Gbl 4) stammt von der wikingerzeitlichen Burg von Fyrkat in Jütland, zwei weitere hier besprochene Exemplare sind in Haithabu gefunden worden (E. Roesdahl 1977, 83 und T. Capelle 1968, 107). Nicht wenige Funde gibt es auf Öland, vom schwedischen Festland, und auch aus Gräbern in Lettland.

Die Fibeln aus Fyns Stifts Museum stammen wahrscheinlich nicht aus Gräbern oder Wohnplätzen von Fünen, sondern sind das Resultat der großen und besonders wohlorganisierten Grabplünderungsaktivitäten auf Gotland in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Weder Carlsson noch Thunmark-Nylén erwähnen die finischen Exemplare; doch nennt Carlsson einen Herrn Petersen aus Odense, der in 1910 von Odense aus eine tierkopfförmige Fibel an das Statens Historiska Museum in Stockholm verkaufte.

Die größere der beiden Haithabu Fibeln wurde bei den Ausgrabungen im Hafen von Haithabu gefunden. Es ist nur das Oberteil von der ursprünglich doppelscha-

ligen Dosenfibel erhalten (Abb. 13-16). Die kleine Haithabu-Fibel ist ein Streufund aus dem Haithabu Komplex (Abb. 17-20).

Das Studienmaterial ist also ohne Informationen über die näheren Fundumstände, aber bei einer technologischen und metallurgischen Untersuchung sind derartige Informationen sekundär.

Laut der geltenden Chronologie kann man die Fibeln von Fünen auf mindestens drei Perioden verteilen, und sie müssen implizit von mindestens drei verschiedenen Frauen getragen worden sein.

Die normale Ausstattung für eine wohlhabende gotländische Frau in der Wikingerzeit bestand aus zwei tierkopfförmigen Fibeln. Diese waren in der Kleidertracht auf der Brust platziert, etwa in Höhe des linken und rechten Schlüsselbeins.

Die zwei tierkopfförmigen Fibeln aus dem hier besprochenen Material sind als Typen nie paarweise in einem geschlossenen Fund aufgetaucht.

Die dosenförmigen Fibeln sind einzeln getragen worden, gerne in Verbindung mit zwei tierkopfförmigen Fibeln. Der feste Platz für eine dosenförmige Fibel war unmittelbar am Hals. Diese Fibel konnte auch durch eine tierkopfförmige oder evtl. eine späte Kopfplattenfibel im Gebrauch ersetzt werden, aber dosenförmige Fibeln ersetzen nie tierkopfförmige Fibeln in Hinsicht auf Platzierung und Trageweise. In einigen Fällen trugen die Frauen eine vierte Fibel in Höhe der Hüfte und dem rechten Oberschenkel. War dieses der Fall, so waren es tierkopfförmige Fibeln, oder einfache Hufeisen- oder Ringfibeln (A. Gerdin 1985, 151 ff.). Weniger wohlhabende Frauen mußten sich mit einer einzigen Fibel begnügen, in diesen Fällen fast immer eine tierkopfförmige Fibel, die unter dem Kinn/Hals saß (Carlsson 1983, 89).

TECHNOLOGISCHE STUDIE:

Eine Studie der Herstellungstechnologie kann in vier Phasen aufgeteilt werden:

1. Modellbearbeitung (Wachsmodelle, Preßformen, Kopieren von Modellen usw.).

2. Das Aufbauen der Gußform und der Guß an sich.

3. Nachbearbeitung des gegossenen Produktes (ziseln, nieten, Blecharbeit, Bohrungen usw.), die sogenannte Kaltbearbeitung der Bronze.

4. Abnutzung oder Reparaturen der Bronze und eventuelle sekundäre Anwendung derselben. Als Beispiel kann hier die Dosenfibel von Fyrkat genannt werden, die zu einer Tasse umgearbeitet wurde. Desweiteren ist die kleine Dosenfibel aus Haithabu als Gewicht gebraucht worden.

Die vier erwähnten Phasen beschreiben zusammen einen fortlaufenden Prozeß. Mit komparativen Experimenten wird versucht, diesen Prozeß zu wiederholen. Aber bevor man soweit kommen kann, ist eine makroskopische Oberflächenuntersuchung des Materials notwendig. Die Fibeln werden gemessen, gewogen, die Gußdicke wird bestimmt usw. Mit Hinsicht auf die Bestimmung des Gewichts und der Legierung muß man darauf achten, daß der Großteil des vorhistorischen Kupferlegierungsmaterials der Zersetzung ausgesetzt war. Unter einer augenscheinlich wohl erhaltenen Oberfläche kann sich das Metall zu Zinnoxid in Pulverform zersetzt haben. Die Fibel ist daher leichter als sie war, und die Legierung ist eine andere als ursprünglich.

Die Oberfläche hat eine bessere Haltbarkeit, da die Poren in der gegossenen Kupferlegierung durch Hämmern, Schleifen, Polieren und eine eventuelle Vergoldung geschlossen wurden. Hinzu kommt in einigen Fällen eine beschützende Oberflächenkorrosion (Hydrostannoxid). Die zersetzenden Salze sind dann an der Unterseite der Fibel eingedrungen. Es sind die unornamentierten und unbehandelten Unterseiten der Fibeln, die die technologisch gesehen interessantesten Aufschlüsse geben. In den meisten archäologischen Publikationen wird dieser Teil des Materials selten illustriert.

PILOTVERSUCH: Tierkopfförmige Fibel Typ 4:5 (nach Carlsson 1983)

Die tierkopfförmigen und dosenförmigen Fibeln können grob in drei Gruppen eingeteilt werden. Eine frühe Gruppe mit angegossener Bodenplatte, eine reine wikingerzeitliche Gruppe mit separat gegossener Bodenplatte, die an die Fibel angenietet wurde, und eine späte Gruppe mit festgelöteter Bodenplatte.

Das Material enthält eine tierkopfförmige Fibel, die der erstgenannten Gruppe angehört (Abb. 1-3). Diese Fibel wurde für einen einleitenden Pilotversuch ausgewählt. Bei der Beschreibung dieses Experiments werden einige generelle Themen wie z. B. Formmaterial, Trocknung usw. angeführt.

Die Fibel gehört zu Carlssons Typ 4:5, und kann in das 9. Jahrhundert datiert werden, d.h. Carlsson Periode B (Carlsson 1983, 62 ff.) Carlsson kennt 8 Exemplare, hiervon mindestens einen „Zwilling“ zu dem Exemplar von Fünen (Carlsson 1983, 44). Die Fibel ist mit plastisch ausgeformten Greifentieren im Berdalstil reich ornamentiert. Sie ist die älteste im bearbeiteten Primärmaterial, und sie zeigt am besten die direkte Entwicklung aus den Typen des 7. und 8. Jahrhunderts der ostskandinavischen, krebsförmigen Fibeln (auf dänisch næbfibler = Schnabelfibel; siehe Nerman 1969).

Der einzapfige Nadelhalter ist abgebrochen und durch ein Loch in der Bodenplatte für die Nadel ersetzt worden (die Nadel fehlt) (Abb. 2). Ein Loch in der „Nase“ der Fibel deutet an, wo der Einguß platziert gewesen ist (Abb. 3). Bei eigenen Gußversuchen habe ich ähnliche Schäden beobachtet. Die massive Bronzemasse im Einguß zieht sich beim Erstarren gewaltsam zusammen. Hierbei riskiert man, daß ein Teil der dünnen Fibelwand in den Einguß „eingesaugt“ wird. Der Fehler ist erst zu sehen, wenn man den Einguß entfernt hat.

Die Fibel ist gut erhalten, zeigt aber kräftige Schleifspuren von einem groben Tuch. Bronzegegenstände sind sehr empfindlich gegenüber Wolle, sie ist gleichzeitig eines

der besten Poliermittel für Bronzeoberflächen. Die verschiedenen Schleifspuren an der Fibel zeigen Spuren täglichen Gebrauchs.

Ein Merkmal dieser Fibeln ist, daß wenn sie auf der Brust in Höhe des Schlüsselbeins getragen werden - mit der Nackenpartie nach unten - sitzen sie besonders gut fest. Das trapezförmige Loch in der Bodenplatte wirkt aufgrund der Fibelform (das höchste Gewicht in der Nackenpartie) wie ein effektiver Verschluss.

Trotzdem haben die Nadeln dieser Fibeln keine Federwirkung, konnten diese Fibeln in einem vorhistorischen Kontext täglich getragen werden, auch wenn harte physische Arbeiten ausgeführt wurden. Aber zu einem bestimmten Zeitpunkt war der Nadelhalter durch Reibung abgeschliffen.

MODELL TYP 4:5

Für den Versuch wurde nach Augenmaß ein massives Modell der Fibel Typ 4:5 aus Bienenwachs hergestellt. Es wurde kein Silikonabdruck des Originals verwendet. Ein hohles Wachsmo­dell mit integrierter Bodenplatte wurde folgendermaßen erzeugt: in einen fast geschlossenen plastischen Lehmabdruck des ersten, massiven Modells wurde flüssiges Wachs gegossen. Der kühle, feuchte Lehm führte dazu, daß das Wachs schnell in einer dünnen Lage auf der Innenseite der Lehmform erstarrte. Unmittelbar danach wurde das restliche Wachs aus der Form herausgegossen und das Loch in der Bodenplatte zugeschnitten. Nadelhalter und Nadelrast wurden aus Wachs modelliert und auf die Wachs­fibel aufgesetzt, das Modell war komplett. Aber diese Methode führte dazu, daß der Übergang zwischen Bodenplatte und Fibel an der Innenseite immer abgerundet war. Das Original hat an dieser Stelle einen scharfen rechtwinkligen Übergang. Die Folgerung hieraus war, daß man bei den kommenden Versuchen beim Wachsmo­dell die Bodenplatte separat festzusetzen hatte. Dies bedeutet auch,

daß tierkopfförmige und dosenförmige Fibeln mit angegossener Bodenplatte nicht immer ein Wachsmo­dell und die „Cire Perdue Methode“ (verlorene Wachs Methode) voraussetzen. Carlsson zeigt, daß es Fibeln mit angegossener Bodenplatte gibt, bei denen in der Fibel Nietfüßchen vorhanden waren. Das weist darauf hin, daß eine Fibel mit genieteter Bodenplatte als festes Modell angewendet wurde (Carlsson 1983, 80).

Spuren von Textilabdruck in einigen tierkopfförmigen Fibeln mit angegossener Bodenplatte zeigen ebenfalls, daß ein festes Modell für den Abdruck in der Gußform angewendet wurde, das vor dem Guß aus der Form entfernt wurde (Hedegaard 1992a, 78-80).

GUSSFORM TYP 4:5

Das größte Problem war der Aufbau der Gußform. Es sind bis jetzt noch keine Gußformfragmente von tierkopfförmigen Fibeln gefunden worden, und es gibt auch keine sicheren Spuren von Gußgraten an den Originalfibeln. Für den Versuch wurden Erfahrungen von Gußformen anderer Fibeltypen - primär von den mehrteiligen Gußformen der schalenförmigen Fibeln (Brinch Madsen 1984 und Hedegaard 1992a) - übernommen. Die feste Bodenplatte führte dazu, daß die Gußform mit einem Tonkern ausgestattet werden mußte. Der Tonkern war an der Form befestigt, und zwar durch das trapezförmige Loch in der Bodenplatte (Abb. 2).

Das Oberteil der Form wurde zuerst gefertigt. Als Oberteil soll hier der Teil oder die Teile der Gußform verstanden werden, die den Abdruck der Oberflächenornamentik des Modells beinhaltet.

Für den ersten Versuch wurde beschlossen, das Oberteil in einem Stück anzufertigen. Da die Fibel vom Typ 4:5 eine sehr plastische Ornamentierung aufweist, konnte das Oberteil der Form nicht aus einem festen Material wie z.B. Speckstein gemacht werden. Die logische Lösung für dieses Problem war eine Lehmform.

Abdrucks- und Formlehm wurden vorsichtig um ein hohles Wachsmo­dell einer Fibel vom Typ 4:5 gelegt. Die Wände des Wachsmo­dells waren ca. 2 mm dick. Das Original hatte eine Durchschnittsdicke von nur 1,36 mm. Die Kanten der Oberfläche der Gußform wurden geglättet und leicht facettiert. Zum Schluß wurden negative Kerben eingeschnitten, die später Ober- und Unterteil der Form zusammenhalten. Wie oben erwähnt gebrauchte ich versuchsweise die gleiche Vorgehensweise wie bei den großen schalenförmigen Fibeln (Hedegaard 1992a, 78-79). Hierbei folgt das Oberteil der Gußform sklavisch den Konturen des Modells. Eine Ausnahme ist die Nasenpartie. Hier wurde der Einguß plaziert. Carlsson ist der gleichen Meinung über Ort und Stelle des Eingusses (Carlsson 1983, 94). Diese Platzierung scheint logisch, wenn man das Gußformmaterial von Kopfplattenfibeln aus dem Helgö-Fund (5.-6. Jahrhundert) zum Vergleich heranzieht (Lamm 1973, 3). Alle Funde von Gußformen der späten Eisenzeit und der Wikingerzeit zeigen, daß versucht wurde, den Einguß immer in Verlängerung der Längsrichtung der Form und beim schmalsten Ende des Hohlraumes zu plazieren.

FORMLEHM (Typ 4:5 und generell)

Der Ausdruck Lehmform ist ein bißchen irreführend, da frühere Studien und Versuche bewiesen haben, daß in den Lehmformen der späten Eisenzeit 50% organisches Material gewesen sein kann (Hedegaard 1992a, 80). Hierzu kommen Anteile von gemahlenem Granit und Quarzsand, dazu Schamotte von zerriebenen schon einmal angewandten Formen (Lamm 1973, 4). Als organisches Material wurde bei meinen Versuchen ca. 40% frischer Pferdemist (Volumen %) und ca. 5-10% Pferdehaar verwendet. Dazu kam ein kleiner Anteil Sand und Schamotte (ca. 10%). Der Lehm selbst war sandiger kalkfreier Rotlehm und stammte von dem Wohnplatz der späten Wikingerzeit Hjulby, Nyborg Landsogn auf Ostfünen (FSM 6732). Nach dem Mischen

von Lehm und Magerung wurde die Formmasse 6 Monate zum „Reifen“ gelegt. Aber wenn man gewollt hätte, hätte man den Lehm nach ca. 1 Woche Reifung für Gußformen anwenden können.

Gußformen, die aus dem oben genannten Formlehm hergestellt sind, sind auf Grund des hohen organischen Anteils sehr stabil und ziehen sich während des Trocknens nur ca. 1-2% zusammen. Die zersetzten Gräser aus dem Pferdedung wirken beim Trocknen wie kleine Schwämme, und fangen einen großen Teil des Wassers aus dem Lehm auf (Lehmschlamm). Bei oxidierenden Versuchsbränden in einem elektrischen Laborofen (bei ca. 700 Grad Celsius) zeigte sich, daß Gräser, die aus der Form herausstaken, nach 4 Stunden Brennen noch „intakt“ waren, d. h. daß der von den Gräsern aufgesaugte Lehmschlamm kleine poröse Lehmmodelle der weggebrannten Gräser erstellt hatte.

Bei den obengenannten Versuchsbränden wurden sehr verschiedene Mischungen von Formlehm erprobt. Die Gußeigenschaften der Mischungen wurde durch den Guß mit einer bestimmten Kupferlegierung getestet: 88% Cu, 11% Sn und 1% Pb (Gewichts %). Es sei hier kurz erwähnt, daß Formlehm mit ca. 35% Quarzsand, ca. 18 % getrocknetem Dung und 10% Holzkohle sich beim Guß als porös genug erwiesen hat. Aber diese Formen waren - verglichen mit den Gußformen der Wikingerzeit - nach Gebrauch auf Grund des hohen Quarzgehaltes (aber gewichts- und konsistenzmäßig vergleichbar mit den Gußformen der Bronzezeit) zu schwer.

Die gebrannten Formen mit wenig oder keinem Anteil von Quarzsand oder gemahlenem Granit, aber mit einem großen Anteil Pferdedung und Pferdehaar (bis zu 75%) ergaben ein leichtes, poröses und relativ stabiles Gußformmaterial, welches mit den Lehmgußformen der Wikingerzeit kompatibel ist. Ca. 30-40% frischer Pferdemist mit ca. 5-10% Pferdehaar haben sich später als der optimale Magerungsanteil für meine Versuche erwiesen.

ABDRUCKSLEHM (Typ 4:5 und generell)

Keine der Formlehm-mischungen konnte einen zufriedenstellenden Abdruck von einem komplizierten Ornament in der Gußform hervorbringen. Das originale Material weist eine separate Lage von feinkörnigem Abdruckslehm für diese Aufgabe auf. Bei meinen Versuchen wurde eine Mischung aus feingeschlammtem Lehm mit einem kleinen Anteil (max. ca. 25 %) gesiebtem Quarzsand/Schamotte, feingeteiltem Pferdedung, Haar und ein paar Teilen Weizenmehl angewandt. Dieser Abdruckslehm wird in einer etwa 1-2mm dicken Lage zwischen Modell und Formlehm gelegt.

Es muß hier unterstrichen werden, daß ich bis jetzt noch keine Mischung von Abdruckslehm gefunden habe, die mit dem feinen Abdruck in dem originalen Gußformmaterial von z. B. Ribe konkurrieren kann (Brinch Madsen 1984).

TROCKNEN (Typ 4:5 und generell)

Das Oberteil der Form wurde an eine schattige Stelle draußen (im Mai) für ca. einen Tag zum Trocknen gestellt. Bei diesem ersten Versuch wurde das Wachsmo- dell nicht aus der Form entfernt. Als nun das Unterteil der Form erstellt werden sollte, trat ein kleines Problem auf. Die Konturen des Oberteils folgten dem gerundeten Modell. Deshalb war es schwierig, das Modell mit dem Oberteil nach unten hinzulegen. Das Oberteil mußte mit der Hand oder mit etwas frischem Lehm auf einer Tischplatte fixiert werden, während man an dem Unterteil der Form arbeitete. Eine plane Oberfläche auf dem Oberteil würde dieses Problem gelöst haben. Dieses wurde bei den nachfolgenden Formen korrigiert (siehe Abb. 21). Hier zeigte sich ein erster technologischer Unterschied im Aufbau der Gußform verglichen mit den schalenförmigen Fibeln.

Es war einfacher als erwartet das Unterteil der Form herzustellen. Das große Loch in der Bodenplatte der Fibel Typ 4:5 gab ge-

nug Platz, so daß man mit einem Finger Formlehm Lage für Lage hineinpressen konnte, um den Kern zu erstellen. Bei der letzten Lage wurde mit dem Finger eine kleine Vertiefung in den Kern gedrückt. Danach wurde eine ca. 1,5 cm dicke Lehmplatte mit der gleichen Länge und Breite wie die Dimensionen des Oberteils auf die Unterseite der Bodenplatte des Wachsmo- dells gelegt, auch um Nadelhalter und Nadelrast. Nochmals wurde mit dem Finger in das Zentrum der Lehmplatte gedrückt. Hierbei entstand eine feste Verbindung zwischen dem Lehmkern und der Lehmplatte. Beide zusammen bildeten das Unterteil. Zum Schluß wurden die Außenkanten des Unterteils gegen die negativen Kerben des Oberteils gepreßt, und der Ein- guß fertig modelliert. Die fertige Gußform wurde vier Tage zum Trocknen aufgestellt.

Die Trockenzeit für eine Form ist abhängig von der Jahreszeit, Luftfeuchtigkeit und Durchlüftung. Bei sehr günstigen Bedin- gungen ist eine Trockenzeit von 6 Stunden genug für eine Form der hier erwähnten Größe. Die Form darf allerdings selbstver- ständlich niemals direktem Sonnenlicht, Regen, Frost oder Wind ausgesetzt sein. Ideal ist die Trocknung unter einem Halb- dach mit einer Mauer, die gegen die vor- herrschende Windrichtung gewandt ist. Die Formen müssen beim Trocknen minde- stens einmal gewendet werden.

BRENNEN (Typ 4:5 und generell)

Nach dem Trocknen wurde die Form in einem offenen Feuer mit gut gelagertem Holz von einem Laubbaum gebrannt. Hier könnte z. B. auch ein Lehmofen fürs Brot- backen oder Brennen von Keramik ange- wendet werden. Das Feuer muß minde- stens vier Stunden ständig in Gang gehalten werden. Es ist wichtig, daß die Lehm- formen auf Glüh-temperatur (ca. 500-700 Grad C) aufgeheizt werden. Das Aufwär- men muß langsam vor sich gehen, da sonst in der Form Schockschäden ent- stehen.

ARMIERUNGSLEHM UND METALLGAS (Typ 4:5 und generell)

Die abgekühlte Form wird geöffnet, gerei- nigt und auf Schäden hin kontrolliert. Nun muß die Form „armiert“ werden. Die Form- teile werden wieder zusammengesetzt, auf der Außenseite angefeuchtet und mit einem Mantel von sogenanntem Armie- rungslehm umgeben (der Einguß ausge- nommen). Der Armierungslehm soll schnell trocknen, relativ stark sein und sich zu- sammenziehen können. Der Lehmanteil ist hoch (das ergibt ein Zusammenziehen), und die Magerung besteht hauptsächlich aus Schamotte und Sand (das gibt Stärke und Wärmeresistenz). Will man die Trockenzeit verkürzen, mischt man Säge- mehl und/oder getrockneten Pferdedung unter den Armierungslehm.

Die Aufgabe des Armierungslehms ist, die Formteile während des kritischen Gußau- genblicks dicht zusammenzuhalten. Wenn die Bronze in die Form gegossen wird, ent- steht ein kräftiger Gasdruck mitsamt einem oftmals nicht unwesentlichen Gewichts- druck. Diesen Gas- und Gewichtsdruck kann man bei einfachen Gußvorgängen sehr deutlich vernehmen. Ein Teil des Ga- ses wird durch die mikroskopisch kleinen Öffnungen in der dünnen Abdruckslehm- lage entweichen. Wenn das Gas den sehr porösen Formlehm erreicht, wird der Druck sich verteilen und vermindern. Ein wesent- licher Teil des Gases wird sich den Weg durch die Trennlinie der Formteile suchen. Das ist auch die Absicht der Formkon- struktion, aber wenn der Formlehm nicht porös genug ist, wird das Gas primär ent- lang der Trennlinie der Formflächen austre- ten. Hierbei entsteht das Risiko, daß die Formteile auseinandergedrückt werden. Gibt es keine anderen Möglichkeiten für die Gase (Wasserdampf und Metallgas) aus der Form zu entweichen, wird der Gas- druck den Weg durch den Einguß und die flüssige Bronze nehmen. Das Resultat hier- von wäre ein total mißglückter Guß. Es muß an dieser Stelle daran erinnert wer- den, daß die vorhistorischen Lehmgußfor- men selten Windpfeifen aufweisen. Um die Gasentwicklung auf ein Minimum zu be-

schränken, muß die Gußtemperatur auch niedrig gehalten werden. Gleichzeitig muß versucht werden die Schmelze mit Wachs oder Holzkohle zu deoxidieren. Bei moder- nen Güssen verwendet man Glas, Borax oder Bronzephosphor.

Nach dem Armieren wird die Form ge- trocknet. Danach wird sie noch einmal bei ca. 600-700 Grad C ungefähr ½-1 Stunde gebrannt. Der Guß wird in direkter Verlän- gerung nach dem letzten Brennen vorge- nommen.

DER GUSS (Typ 4:5 und generell)

Die Form mit der Wachsfibel vom Typ 4:5 wurde im Ganzen 13 Stunden gebrannt. Beim ersten Brennen wurde die Form zu schnell aufgewärmt, und das Wachs in der Form begann zu kochen und danach zu brennen. Dabei entstanden Schäden im Abdruckslehm. Die Form konnte aber doch verwendet werden.

Für den Guß wurde eine niedrige Schmelz- grube konstruiert (ca. 30 cm im Durchmes- ser und 15 cm tief). Der Luftstrom wurde von zwei Spitzblasebälgen mit einer ge- samten Leistung von 120 Litern durch eine quarzgemagerte Tondüse geliefert (Abb. 22). Der Tiegel war ein moderner Graphit- tiegel mit einer maximalen Kapazität von ca. 800 g Kupferlegierung.

Die Kupferlegierung wog etwa 200 g und bestand aus ca. 83% Cu, 12% Sn und 5% Pb (liquidus ca. 900 Grad C). Die Form war beim Guß ca. 500 Grad C warm. Die Guß- temperatur konnte leider nicht genau ge- messen werden, aber sie lag bei ungefähr 1100 Grad C. Etwa 30 Sekunden nach dem Guß wurde die Form in Wasser schockabgekühlt.

Das Resultat war eine komplette Fibel ohne ernste Gasschäden (siehe Abb. 23, Replika 4:5). Es war dem Gasdruck gelun- gen, die Formteile ca. ½ mm zu öffnen. Große Fragmente des Oberteils der Guß- form konnten von der Fibel entfernt wer- den. Der Kern in der Fibel mußte dagegen

herausgekratzt werden, und kein zusammenhängendes Fragment konnte gerettet werden. Dieses rührt daher, daß sich das Metall beim Erstarren zusammenzieht. Das Vermessen der Bronzefibel im Verhältnis zum Wachsmo- dell mußte aufgegeben werden, da es deutlich war, daß das noch flexible Gußformoberteil bei der Ausformung zusammengedrückt wurde (Abb. 1 und 22). Nachdem der Einguß entfernt war, konnte man ein kleines Loch in der Nasenpartie der Fibel beobachten (Abb. 3). Die Ursache für diesen Schaden ist oben beschrieben. Die Fibel-Replik wog 84 g - das Original 37 g (das justierte ursprüngliche Gewicht war 45 g). Da das Wachsmo- dell ca. 25% dicker als die Originalfibel war, war ein größeres Gewicht für die Replik zu erwarten. Da die Formteile sich ca. ½mm geöffnet hatten, war das Oberteil der Replik entsprechend dicker als das des Wachsmo- dells.

KUPFERLEGIERUNGEN DER WIKINGERZEIT

Die für den Pilotversuch gewählte Legierung bedeutete ein paar Gramm extra. Die gotländischen Bronzegießer der Wikingerzeit scheinen von den bekannten Metallanalysen her leichte, zinkreiche Messingle- gierungen vorgezogen zu haben. Oldebergs Metallanalysen zeigen Vorzugslegie- rungen von ca. 65-85% Cu, 10-30% Zn, 1-8% Sn und 1-6% Pb (Oldeberg 1942 I, 218-219). Ein paar konkrete Beispiele von Oldebergs Analysen von gotländischem Material sollen hier erwähnt werden:

-Metallbarren mit dreieckigem Querschnitt von Myrvälde, Tingstäde Kirchspiel (SHM 1375): 70,8% Cu, 25,7% Zn, 1,1% Sn. Spurenelemente von Arsen und Eisen.

-Dosenfibel Fasson G2 von Gissle, Öja Kirchspiel (SHM 2286): 79,60% Cu, 16,1% Zn, 0,9% Sn. Spurenelemente von Arsen und Eisen.

Das Zink (Galmeimalm) sollte Oldeberg zu- folge aus Schlesien stammen, eventuell

von den Uralbergen. Oldeberg will nicht ausschließen, daß das Legieren selbst auf Gotland stattgefunden hat. Das bedeutet, man rechnete mit einem Import von Zink- malm auf die Insel (Oldeberg 1943, 93). Wie man diese Legierungen mit dem sehr flüchtigen Zink kontrolliert hat ist unsicher. Tiegel mit nur einer kleinen Öffnung waren ein Vorteil. Hierbei konnte der Verlust von Zink und Zinn deutlich verringert werden. Hier würden die geschlossenen eiförmigen Tiegel von z.B. Helgö sehr geeignet sein (Lamm 1973).

Bei unseren Gußversuchen haben meine Kollegen und ich beschlossen, das Gießen mit Messing auf ein Minimum zu be- schränken, da die unvermeidlichen Zink- dämpfe, die bei der hier angewandten Gußtechnik entstehen, giftig sind. Unsere gewählte Kupferlegierung unterscheidet sich nicht wesentlich von dem oben er- wählten Messing, bezogen auf Schmelz- punkt und Duktilität. Es gibt doch einen Farbunterschied. Die gotländischen Mes- singlegierungen waren verglichen mit unse- rer Legierung weißgolden, während unsere eine rotgoldene Farbe haben. Ein Plus von Messing gegenüber Bronze ist eine größere Oxidationsbeständigkeit. Messing braucht nicht so oft poliert werden. Ein Problem bei Messing ist die geringe Duktilität. Bevor man das Biegen der Nadelrast ausführen kann, muß das Stück sorgfältig ausgeglüht werden. In dieser Verbindung ist es interessant, daß die gotländischen Bronzegießer es bewußt vermieden haben, eine Nadelrast zu machen, die nach dem Guß umgebogen werden muß.

ZUSAMMENFASSUNG DES PILOTVERSUCHS

Der Pilotversuch war vorläufig zufrieden- stellend. Eines der wichtigsten Ergebnisse war die Notwendigkeit von einem Guß- formoberteil mit einem planen Dach, um den Arbeitsvorgang zu erleichtern. Tier- kopfförmige (und dosenförmige) Fibeln sind im Verhältnis zu ihren übrigen Dimen- sionen sehr hoch. Nachdem das Wach-

modell aus dem noch plastischen und feuchten Gußformoberteil entfernt war, konnte man riskieren, daß die Seiten der Form sich nach innen biegen. Eine Lösung war, die Seiten der Form zu verdicken, aber in erster Linie das Oberteil zum Trocknen auf das Dach zu legen - im Gegenteil zu der Herstellung der z. B. schalenförmigen Fibeln. Ein Stück feuchtes Textil wurde auf die Form gelegt, um zu vermeiden, daß der innere Abdrucklehm zu schnell trocknet, und sich von dem Formlehm ablöst.

Es hat sich als möglich erwiesen, die rela- tiv kleine Fibel vom Typ 4:5 in einer Form zu gießen, bei der das Oberteil aus nur einem Stück besteht. Das unbeabsichtigte Öffnen der Form beim Gießen rührte primär von einer unzulänglichen Armierung her. Ein mehrteiliges Oberteil hätte ein bes- seres Abgasen in der Gußform ergeben, aber hierbei wäre das Aufbauen der Form und die Nachbearbeitung der Bronzefibel sehr viel komplizierter gewesen (Guß- nähte). Deshalb wurde geplant, für die nächsten Versuche auszuprobieren, wie weit man mit einem Oberteil in einem Stück gehen kann. In der experimentellen Archäologie bezeichnet man diese grenz- suchende Methode als „kontrollierte Pro- vokation des Materials“.

VERSUCHE MIT FIBELN VOM TYP 5

Das fünische Material beinhaltet auch eine Fibel vom Typ 5:2 (Abb. 4-6). Diese ist chronologisch jünger als die Fibel vom Typ 4:5, und sie ist datiert in Carlssons Periode C, das bedeutet in das 10. Jahrhundert (Carlsson 1983, 73).

Die Fibel wirkt schlecht erhalten und stark abgenutzt. Aber die abgeschliffene Orna- mentik kann auch durch eine fehlende Re- tusche der Wachskopie eines Originals zu- stande gekommen sein. Außerdem mußte ich selbst die Erfahrung machen, daß nachlässiges Arbeiten mit dem Abdruck- lehm in der Gußform auch zu Fibeln mit einer „mitgenommenen“ Ornamentik führt.

Das Original wiegt heute 67,5 g. Die Guß- dicke beträgt im Durchschnitt 3,07 mm. Der Hauptteil der tierkopfförmigen Fibeln des 10. Jahrhunderts hat, wie das hier be- handelte Exemplar, eine genietete Boden- platte. Hierzu kommen flache hohle Nadel- rasten, die erst nach dem Gußvorgang auf- geschnitten werden (Thunmark-Nylén 1983, 107). Der Fibel vom Typ 5:2 fehlt die Nadel, aber eine Rostspur zeigt an, daß diese aus Eisen gewesen ist. Im Verhältnis zu der Fibel vom Typ 4:5 ist das Profil der Fibel vom Typ 5:2 von mehr geraden und nach innen schrägen Seiten geprägt. Die schrägen Seiten mit der flachliegenden Orna- mentik machen es einfacher, das Modell aus dem Oberteil der Gußform zu entfer- nen. Dieses ist deutlich schwerer bei der kleinen geschwungenen Fibel vom Typ 4:5.

Auf dem Makrofoto kann man die Schnitt- spuren von der Öffnung der Nadelrast er- kennen (Abb. 24). Die Bodenplatte ist an der Fibel mit fünf leicht eingezogenen Nie- ten befestigt. Hierbei scheinen zwei der Nieten durchgehende lose Nieten zu sein. Der Erhaltungszustand der Fibel macht es schwer festzulegen, ob alle Nieten diese Ausformung hatten. Es ist nicht auszu- schließen, daß die Nietfüßchen durch das Einsetzen von fünf Kupferdrähten in die Gußform an die Fibel angegossen wurden.

Typisch für eine angenietete Bodenplatte ist die kleinere Öffnung an der Unterseite der Fibel verglichen mit der Öffnung bei Fi- beln mit gegossener Bodenplatte. Bei einer genieteten Bodenplatte braucht man kei- nen „Arbeitsraum“ für die Ausformung eines Kerns.

Die Einführung der genieteten Bodenplatte hat aber nicht nur das Aussehen der Un- terseite und den Aufbau der Gußform der Fibel beeinflußt, sondern auch die eigentli- che Form der tierkopfförmigen Fibel. Es ist nicht unmöglich an der Fibel vom Typ 4:5 eine Bodenplatte anzunieten, aber es ist sehr beschwerlich. Der dünne Guß und die geschwungene Form bergen ein Risiko in sich, daß bei einem Schlag mit Nietham- mer und Dorn die Fibel deformiert wird.

Die geschwungene Form macht es außerdem schwer, die Fibel ordentlich auf dem Arbeitstisch zu fixieren.

Die Lösung war, die Gußdicke zu vergrößern und gleichzeitig der Fibel gerade Seiten zu geben. Mit geraden Seiten ist eine Fixierung auf dem Arbeitstisch mit etwas Ziselierwachs oder einer Holzschraubzwinge kein Problem (Abb. 25). Es ist hier noch zu erwähnen, daß die relativ dünne Bodenplatte der Fibel vom Typ 5:2 sich auf Grund der Schlagwirkung bei der Nietarbeit nach innen wölbt.

An diesem Beispiel sehen wir, daß technologisches Neudenken den Anstoß zu umfassenden typologischen Veränderungen gegeben hat, welche wiederum neue Bedingungen für die Ausführung der Ornamentik gaben. Die knorrige Tierornamentik der frühen Wikingerzeit mußte geëbnet oder abgeschafft werden. Generell ist es die Technologie, die Typologie und Stilformen steuert, selten ist es umgekehrt. Das bedeutet, kennen wir nicht die vorgeschichtliche Technologie, so sind Form- und Stilstudien etwas, womit man vorsichtig umgehen sollte.

MODELL TYP 5:2

Bei Fibeln mit loser Bodenplatte kann man davon absehen „cire perdue“ zu gießen, und wenn man es will kann man andere Modell-Materialien anwenden, wie z.B. Holz, Knochen, Ton oder Blei. Es deutet aber vieles darauf hin, daß man auf Gotland in der Wikingerzeit eine Vorliebe für Bienenwachs gehabt hat, wenn man ein Urmodell herstellen wollte. Aber dazu später mehr.

Zur Massenproduktion von fast identischen Fibeln hat man bereits Messingfibeln als feste Modelle angewandt (Carlsson 1893, 79-83).

Carlsson hat in einem Fund von Lundbjärgård auf Gotland ein Bronzeurmodell erkannt (Carlsson 1983, fig. 15). Es handelt sich um eine Fibel vom Typ 4:11, die typologisch zwischen den Typen 4:5 und 5:2 liegt. Das Urmodell wurde daran erkannt,

daß die Niete für die Bodenplatte fehlten. Sie ist chronologisch gesehen zu früh, um eine gelötete Bodenplatte zu haben. Die Fibeln mit gelöteter Bodenplatte gehören alle in Periode D und E, also in das 11.-12. Jahrhundert.

Die sehr schwach stehende Ornamentik auf der Fibel vom Typ 5:2 bereitete große Probleme. Nur auf der Nackenpartie konnte sie zufriedenstellend rekonstruiert werden. Für die übrigen Flächen wurden Motive von der Fibel vom Typ 5:5 gewählt. Diese ist mit einer einfachen Strich-Ornamentik verziert (Abb. 4, links). Diese Ornamentik war aus Illustrationen zu rekonstruieren.

Eine einzelne Wachsfibel vom Typ 5 (Modell 5:2a) wurde versuchsweise mit Ornamentmotiven ausgestattet, die von einer gleichzeitigen Dosenfibel Fasson G:6 abgeleitet wurden, da eine solche Fibel im Primärmaterial vorhanden war (Abb. 4, rechts und Abb. 10-11). Hier lag doch eine Fehlerquelle, da Motive von einer Dosenfibel nur sehr selten auf einer tierkopfförmigen Fibel zu finden sind. Die Ornamentierung der Nackenpartie wurden doch im reinen Stil von Typ 5:2 gehalten (Abb. 6).

Es war nicht möglich, die Ornamente der Dosenfibel unverändert auf die Ornamentfelder der tierkopfförmigen Fibel zu übertragen. Die Verzierungen der Dosenfibel basierten auf dreieckigen und hohen rechteckigen Feldern. Abgesehen von der Nackenpartie hat die tierkopfförmige Fibel vom Typ 5:2 verlängerte, fast trapezförmige Ornamentfelder.

Mit Abdrücken in Lehm von einem Typ 5 Wachsmuttermodell (Urmodell) wurde eine Reihe von hohlen Bienenwachsmodellen (Dicke etwa 2-2,5mm) für die Versuche mit dem Typ 5 hergestellt. Das Muttermodell hatte keine Ornamentik. Die Abgüsse waren alle eine wenig kleiner (ca. 0,5-1,5%) als das Urmodell. Der Grund dafür ist, daß sich Bienenwachs immer zusammenzieht, wenn es in kalten feuchten Lehm gegossen wird. Thunmark-Nylén und Arrhenius meinen nicht, das Wachsmodelle beim Erkalten kleinere Dimensionen erhalten (Thunmark-Nylén 1983, 13). Diese Ansicht muß abgewiesen werden, wenn man vom

Gießen der Wachsmodelle in Zwischenformen aus Ton spricht. Flüssiges Bienenwachs - und die meisten modernen Kunstwachse - erkalten zuerst an der kältesten und feuchtesten Fläche, mit der sie zusammentreffen (hier der Lehm in der Zwischenform), aber das nachströmende noch flüssige und warme Wachs wird die dünne erkaltete Wachshaut dazu bringen, sich von der kalten Formwand abzulösen. Dieses gilt nicht für das Gießen in moderne Silikonformen, welche die Temperatur der Umgebung annehmen, und die man ohne Probleme kräftig erhitzen kann, wenn man es wünscht.

Beim Einschneiden der Verzierungen in die Wachsmodelle wurden einige interessante Beobachtungen gemacht. Die Arbeit mit Holzspatel und Fingern brachte die Wachskopien zum „Wachsen“. Zum Schluß waren sie alle etwa 5% größer als das Urmodell. Das kommt daher, daß Wachs sich bei Körpertemperatur leicht deformiert.

EIN 1000 JAHRE ALTER FEHLER

Beim Vermessen der fertigen Wachsmodelle machte ich die Entdeckung, daß gesehen von der Nackenpartie zwischen dem rechten Horn und der Rückenleiste immer ein kürzerer Abstand war, als zwischen linkem Horn und Rückenleiste. Das Ornamentfeld war zwischen Rückenleiste und rechtem Horn steiler als zwischen linkem Horn und Rückenleiste (Abb. 6). Dieses war interessant, da bei Carlssons Abbildungen der tierkopfförmigen Fibeln bei zahlreichen Exemplaren dieselbe Schiefe bestand.

Mein Urmodell war kein direkter Abdruck des Originals. Ich meinte, das Urmodell und die Abgüsse geometrisch korrekt erstellt zu haben. Die Schiefe des Originals wurde als unbeabsichtigter Fehler bei genau dieser Fibel angesehen, der nicht auf die Replik übertragen werden sollte. Trotzdem endete ich mit genau demselben Fehler.

Die Antwort ist ganz einfach: das Auge

glaubt, was es sieht! Bei der Ausformung der Wachsfibeln nach Augenmaß wurde die zweidimensionale Trapezform des Fibeltyps nicht beachtet. Bei der Arbeit mit jeder Fibel wurde diese in der linken Hand gehalten, und das Wachs mit einem Werkzeug in der rechten Hand bearbeitet. Nach der Fertigstellung einer Längsseite wurde die Fibel um 180 Grad gedreht und die zweite Längsseite in Angriff genommen. Dabei hatte ich die Fibel zuerst von der Schmalseite betrachtet und von „schmal nach breit“ gearbeitet. Nach Drehung der Fibel ging es dagegen von „breit nach schmal“ weiter. Dieses ergab einen optischen Betrug. Die Kontrolle der Arbeit erfolgte natürlich dadurch, daß man von oben direkt auf die Fibel sah, und dabei sah man diese fatale Schiefe nicht. Das gelbweiße Bienenwachs verschleiert gleichzeitig auf Grund seiner Farbe und Konsistenz. Bei Arbeiten mit einem dunkleren Material und mit schärferen Konturen, hätte ich den Fehler wahrscheinlich früher entdeckt. Im übrigen werden diese Fibeln so getragen, daß eine gegenüberstehende Person die Fibel primär von oben sieht, eventuell schräg von der Seite, aber nie direkt von der Nackenpartie.

Es war mir hier gelungen denselben „Fehler“ wie die wikingerzeitlichen Handwerker zu begehen. Ein unerwartetes, aber sehr bekräftigendes Resultat.

DIE GESCHRUMPFTEN FIBELN

Eines von Carlssons wichtigsten Resultaten ist die Beschreibung, wie die Größe der einzelnen Fibeltypen im Laufe der Zeit merkbar abnimmt (Abb. 26). Der Grund hierfür ist der Gebrauch von alten Fibeln als feste Modelle in Tonformen. Das Zusammenziehen des Lehms während des Trocknens bewirkt, daß die neue Fibel identisch mit dem Modell wird, aber in kleineren Dimensionen (Arrhenius 1975, 93 ff.). Bei den Versuchen mit den Fibeln vom Typ 5 war es selbstverständlich, daß Carlssons Resultat ein wesentlicher Teil meiner Problemstellung wurde.

Es ist bereits erwähnt worden, das meine

Wachskopien bis zu 5% größer als mein Muttermodell waren und wie dieses zustande kam. Aber hier ist auch gleichzeitig die Rede von wesentlichen bewußten Änderungen zwischen Urmodell und Wachskopie. Die Ausformung der Ornamentik z. B., in einem Fall die Erhöhung der Hörner, und bei der Fibel vom Typ 5:5 die Hinzufügung einer aufwärtsstrebenden Biegung an der Nasenpartie (Abb. 27). Es war deutlich zu sehen, daß die Wachskopien größere Ausmaße als das Urmodell bekommen würden, bei der Anwendung von Bienenwachs als Material. Aber das erklärt auch, warum neue Fibeln mit entscheidenden Veränderungen immer wesentlich größer als die vorausgehenden nun „unmodernen“ tierkopfförmigen Fibeln werden.

Die fertigen Wachsfibeln vom Typ 5 bekamen eine Numerierung nach dem Motiv. Sie wurden mit 1/2 mm Toleranz vermessen. Drei Maße wurden genommen: Totallänge, Breite zwischen den Standflächen der Hörner und der höchste Punkt auf dem Rücken der Fibeln. Das Urmodell wird als Modell 5 bezeichnet. Ein Modell von einer losen Bodenplatte wird als Modell Boden DH 5a angesprochen.

Original (ohne Bodenplatte) 5,95/4,15/2,50
Modell 5 (Urmodell) 6,05/4,05/2,60
Modell 5:2a (angewendet in Form IX) 6,55/4,14/2,65
Modell 5:2b (z. Zt. nicht angewandt) 6,15/4,10/2,60
Modell 5:5a (angewendet in Form II) 6,50/4,15/2,70
Modell 5:5b (angewendet in Form III) 6,55/4,10/2,65
Modell 5:5c (angewendet in Form IV) 6,55/4,05/2,60
Modell 5:5d (z. Zt. nicht angewandt) 6,50/4,30/2,65

Modell Boden DH 5a 6,70/4,40/0,20

GUSSFORMEN TYP 5:2 UND 5:5

Im ganzen wurden fünf Gußformen hergestellt. Formlehm und Armierungslehm blie-

ben in Hinsicht auf den Pilotversuch unverändert. Der Abdruckslehm wurde hingegen laufend verbessert, u.a. durch die Anwendung von reinem Tonschlick und in einem anderen Fall durch einen größeren Anteil feiner Schamotte, die aus einem Gußformfragment der Gußform für den Typ 4:5 stammte.

Gußform II: Als Modell wurde 5:5a angewendet. Das Oberteil wurde in einem Stück gemacht. Um einen gleichmäßigen Druck des Modells im Abdruckslehm zu erzeugen, wurde ein Stück feuchtes Textil dazu benutzt, das Oberteil über das Modell zu pressen. Diese Methode funktionierte ausgezeichnet. Bei dem weiteren Hantieren und Trocknen des Oberteils verschwand der Textilabdruck im Lehm. Das Modell wurde nach ein paar Stunden Trocknen aus der noch flexiblen Form entfernt. Der Abdruck war sehr zufriedenstellend. Leider wurde das Modell 5:5a versehentlich beschädigt und konnte nicht mehr angewandt werden. Der verwandte Abdruckslehm bestand aus einer Mischung von Tonschlick und ca. 20% trockener gestoßener Schamotte von einer alten Gußform. Die Wände der Form erwiesen sich als zu dünn (ca. 1 cm dick), denn sie begannen sich nach innen zu biegen, nachdem das Modell entfernt wurde. Schnell wurde flüssiges Bienenwachs in die Form gegossen, das eine dünne Wachshaut bildete (ca. 1mm dick). Sie sollte die Form stützen, und sie konnte auch nicht entfernt werden. Das Oberteil wurde einen Tag getrocknet bevor mit dem Unterteil begonnen wurde.

Der Aufbau des Kerns war zum erstenmal unkompliziert. Viele Fibeln vom Typ 5:5 haben eine angegossene Bodenplatte und so beschloß ich, daß Form II in Übereinstimmung mit der Fibel vom Typ 4:5 für eine Fibel mit angegossener Bodenplatte sein sollte, um mehr Erfahrungen mit dieser Technik zu sammeln. Eine separate Bodenplatte aus Wachs wurde hergestellt und versucht, an die Wachshaut im Formoberteil anzusetzen. Wahrscheinlich wurde auf Grund mangelnder Erfahrungen diese

Arbeit und der weitere Aufbau der Gußform sehr plump ausgeführt.

Das weitere Trocknen, Brennen (im ganzen 5 Stunden) und Armieren der Form unterschied sich nicht wesentlich vom Pilotversuch.

Gußform III: Hier sollte Modell 5:5a eigentlich wieder angewandt werden, aber wie erwähnt wurde dieses versehentlich zerstört. Deshalb wurde Modell 5:5b benutzt. Bei allen 5:5-Modellen wurde versucht, sie als identische „Zwillinge“ zum Urmodell (Modell 5) zu machen. Aber bei der notwendigen Retusche der Wachsmodele waren mehrere verschiedene Details entstanden. Der Versuch, mehrere Gußformen über dasselbe Modell aufzubauen, wurde verschoben. Zuerst hätte eine mehr beständige Bronzereplik von Typ 5 hergestellt werden müssen.

Das Wachsmodell blieb dieses Mal in der Gußform. In diesem Stadium wurde eine Wachsbodenplatte angesetzt. In der Fibel entstand innen somit ein scharfer Übergang zwischen Fibel und Bodenplatte. Im Verhältnis zu Form II wurde eine dickere Lage Formlehm aufgetragen. Es wurde derselbe Abdruckslehm wie in Form I (Pilotversuch) verwendet. Trocknen, Brennen und Armierung wie bei Gußform II.

Gußform IV: Auch diese Form war für eine Fibel mit angegossener Bodenplatte. Als Modell wurde 5:5c genommen. Der Aufbau der Gußform, Trocknen, Brennen und Armieren waren genau wie bei Form III. Der Abdruckslehm bestand aus einer Mischung des Abdruckslehms von Form I und Form II. Das Modell 5:5c wurde in der verlorenen Wachsmethode ausgebrannt.

Gußformen V-VIII: Dosenförmige Fibeln, siehe unten.

Gußform IX: Hier wurde das Wachsmodell 5:2a verwendet. Dieses Modell hatte die „geliehene“ Ornamentik von der G6 Dosenfibel, und im Verhältnis zu den Model-

len 5:5 a-d erhöhte Hörner. In diesem Fall sollte die Fibel eine genietete Bodenplatte haben. Es wurde reiner Tonschlick als Abdruckslehm genommen. Form IX bekam solide Wände von bis zu 2,5 cm Dicke. Dieses ergab ein Formoberteil, aus dem das Modell ohne Probleme entfernt werden konnte (Abb. 21). Das Oberteil von Form IX wurde drei Tage getrocknet.

Danach wurde das Unterteil mit Textilhohlraum erstellt. Mehrere tierkopfförmige Fibeln und einzelne dosenförmige Fibeln haben auf der Innenseite deutlich einen positiv stehenden Textilabdruck (Carlsson 1983,79). Diese Methode ist unkompliziert. Modell 5:2a wurde über ein grob geformtes Unterteil gedrückt (es wurde kein Abdruckslehm angewendet). Das Modell wurde wieder entfernt, und ein Stück feuchtes Textil wurde vorsichtig über den Abdruck gelegt. Das feuchte Stück Textil und der feuchte Lehm klebten hierbei dicht zusammen. Das Unterteil wurde solange getrocknet, bis das Textil bei Berührung keine Flüssigkeit mehr abgab, aber noch nicht ganz getrocknet war. Das Unterteil mit dem Textil wurde dann in die Öffnung des Oberteils eingesetzt. Ein Drücken mit dem Daumen mitten auf die Unterseite des Unterteils sorgte dafür, daß das Textil dicht gegen den Abdruck im Oberteil gepreßt wurde. Zum Schluß wurden die Außenkanten den negativen Arretierungen des Oberteils angepaßt, und der Einguß fertig modelliert.

Die fertige Form wurde einen weiteren Tag getrocknet. Danach wurde sie geöffnet, und das Textil entfernt. Auf Grund der Dicke des Formguts war das Unterteil noch ein bißchen flexibel. Dieses war ein Vorteil, denn nun konnte man mit einem dünnen Holzstäbchen fünf Löcher für Nietfüßchen in das Unterteil bohren. Ein Nietfüßchen befand sich leicht eingezogen bei der Nackenpartie, und zwei an jeder Längsseite der zu gießenden Fibel. Die originalen Fibeln haben selten ein Nietfüßchen an der Nasenpartie. Die Formteile wurden wieder zusammengesetzt und zum Trocknen gestellt.

Die hier beschriebenen Arbeiten wurden Ende Mai ausgeführt. Eine kurze Periode war von Regenschauern und hoher Luftfeuchtigkeit geprägt. Anstatt Wasser abzugeben, begann die Form in dieser nassen Periode Wasser aufzunehmen. Eine Kontrolle nach ein paar Tagen zeigte, daß der Textilabdruck im Unterteil der Form IX verwischt war. Der Grund dafür war wahrscheinlich, daß an dieser Stelle kein Abdruckslehm angewandt wurde, und daß das Textil in der erwähnten Regenperiode entfernt wurde. Ansonsten war die Form intakt. Der Ornamentabdruck auf der Innenseite des Oberteils wies an keiner Stelle Textilabdruck oder andere Schäden auf. Das Brennen und Armieren von Form IX unterschied sich nicht von den übrigen Formen.

Gußform X: Es war notwendig zu der Fibel in Form IX eine separate Form für die Bodenplatte zu erstellen (Abb. 28). Hier wurde ein Wachsmo- dell (Modell Boden DH 5a) nach Augenmaß zum 5:2 Original gemacht, das an die Maße von Modell 5:2a angepaßt wurde. Die Nadelrast wurde als kombinierte Wachsbeule und modellierte Nadelrast nach Thunmark-Nyléns ausgezeichneten Beschreibungen geformt (Thunmark-Nylén 1983, 107).

Das Modell war unkompliziert und schnell gemacht. Andere Materialien als Wachs hätten angewandt werden können. Das Modell war sehr einfach aus seiner zweiteiligen flachen Gußform zu entfernen. Der Einguß wurde an der Nasenpartie des Bodens plaziert. Das Material der Gußform, der Aufbau, das Trocknen und Brennen unterschied sich hauptsächlich von den anderen Formen durch eine kürzere Arbeitszeit und eine sehr kurze Trockenzeit auf Grund der großen Ausdünstungsflächen, die diese Form aufwies.

VERSUCH MIT DOSENFÖRMIGEN FIBELN

Mein Primärmaterial umfaßt außer den beiden tierkopfförmigen Fibeln im ganzen vier

dosenförmige Fibeln. Die Modelle und die Versuche mit Gußformen (Fasson P 4 und G 6,9-10 nach Thunmark-Nylén) wurden neben den Versuchen mit Typ 5 ausgeführt.

VERSUCH MIT FASSON P 4

Diese relativ kleine Dosenfibel (Durchmesser der Bodenplatte 4,8 cm) ist heute leicht korrodiert (Abb. 7-9). Das jetzige Gewicht beträgt 76 g und die durchschnittliche Gußdicke liegt bei etwa 2 mm. Die Randpartie ist nur ca. 1 mm dick. Es war schwierig, diese Fibel in Thunmark-Nyléns Fassonkatalog einzuordnen. Gerade die Gruppe Fasson P ist von sehr individuell ausgeformten Fibeln geprägt. Das Kriterium für P 4 Fibeln ist ein loser Mittelknopf; mein Exemplar hat einen angegossenen Mittelknopf. Es kann also nicht mit Sicherheit der Gruppe Fasson P 4 zugeordnet werden. Die Fibel kann im 11. Jahrhundert hergestellt worden sein und sie ist hiermit die jüngste in meinem Primärmaterial.

Beim Studium der Fibel kamen einige Überraschungen zutage. Zum einen die lose Bodenplatte der Fibel, die nur mit drei losen Nieten befestigt war. Dieses ist höchst ungewöhnlich! Dosenförmige Fibeln mit angenieteteter Bodenplatte haben fast alle vier Niete. Eine Ausnahme sind die großen Fibeln mit sechs oder acht Niete. Aus meinen jetzigen Kenntnissen kenne ich nur einen ähnlichen Fall von einem Exemplar in einer 5,2 cm breiten losen Bodenplatte von Tofta (SHM 16007) (Thunmark-Nylén 1983, 99). Die Niete sind deutlich im Dreieck angeordnet (Abb.9). Eine Niete ist verlorengegangen und durch zwei neue und grobe Niete ersetzt, die dicht bei dem Loch der fehlenden Niete sitzen.

Die Fibel hat einen sicheren Beweis für die Anwendung eines Wachsmo- dell erbracht. Die Dachleisten auf dem Dach der Fibel zwischen den dreieckigen Ornamentfeldern sind in diesem Fall gerundet, und sie

stehen positiv. Aber auf der Innenseite der Fibel stehen sie nicht wie erwartet negativ, sondern ebenfalls positiv! Dieses konnte nicht der Fall sein, wenn die Fibel mit einem Modell aus fließendem Wachs oder mit Hilfe eines Stückes Textil gemacht wurde. Ich entdeckte bei der Herstellung von eigenen Wachsmo- dell en, daß das hohle etwa 2mm dicke Wachsmo- dell durch die Einwirkung vom Druck der Finger und des Spatels genau die gleichen charakteristischen Spuren erhielt, wie die Fibel sie zeigt. Aufgrund der Bodenplatte ist es schwierig, dieses auf einem Foto zu zeigen (Abb.9).

Ich muß davon ausgehen, daß die P 4 Fibel ein Originalmodell aus Wachs gehabt haben muß. Die Fibel wurde mit Hilfe der verlorenen Wachs Methode gegossen. Es sei hinzugefügt, das die fertig gegossene Fibel selbst als Originalmodell für neue Fibeln angewendet worden sein kann. Hierbei werden die Charakteristiken der ersten Fibel auf die neuen Fibeln übertragen. Eine Einkerbung mit einem Messer (?) zwischen Fibel und Bodenplatte deutet an, daß die Fibel zu einem Zeitpunkt vorsätzlich geöffnet worden sein muß. Um die Fibel als Hohlraum schaffendes Modell anwenden zu können, mußte die Bodenplatte erst entfernt werden.

Auf dem viereckigen Mittelknopf der Fibel gibt es ein kleines Loch (siehe Makrofoto Abb. 29). Der Knopf sitzt im Verhältnis zum Zentrum der Fibel schief - berechnet von den Außenkanten der abgerundeten Quadranten. Aber das Loch liegt absolut im Zentrum vom Außenkreis der Quadranten mit einem perfekten Radius von 2,6 cm. Unter dem Lichtmikroskop zeigte es sich, daß das Loch relativ tief und wie ein Tropfen geformt unter der Oberfläche des Knopfes war. Vieles deutet daraufhin, daß das Loch trotz seiner Größe „gegossen“ war. Gußschäden auf Grund von Unreinheiten in der Form sind nicht ungewöhnlich, sie treten aber nur auf der Seite der Fibel auf, die vom Einlauf weggewandt ist (siehe hier unter Fasson G 6,9-10 und G 2, 5).

Als die Wachsreplik des Originals hergestellt werden sollte, wurde ein Zirkel, der aus einem umgebogenen Eisendraht gemacht wurde, um die runde Form des Dachs zu markieren, hergestellt. Das eine Bein des Zirkels wurde in einen rechteckigen Wachsklumpen gesteckt, der später zum Mittelknopf werden sollte. Das Bein des Zirkels machte ein kleines Loch in den Wachsmittelknopf. Das Loch wurde geschlossen, indem man den Knopf gegen eine Holzplatte drückte. Hierbei wurde der unkomplizierte Mittelknopf der P 4 Fibel geschaffen.

Bei der näheren Untersuchung war zu sehen, daß das Loch nicht ganz geschlossen war. Die Deformation des Wachsknopfes hatte einen tropfenförmigen Hohlraum geschaffen. Meine Theorie ist, daß derselbe Arbeitsvorgang bei der Herstellung des Modells zum Original stattgefunden hat. Die Gußform hatte einen so feinen Abdruckslehm, daß das Loch in der gegossenen Fibel erhalten blieb.

Die Ornamentik der Dosenfibel Fasson P 4 besteht aus Punkten oder kleinen Gruben, wenn man so will. Oldeberg meint, daß diese Form der Ornamentik der Fibel im Wachsstadium zugefügt wurde (Oldeberg 1943, 235). Da aber Wachs wie erwähnt nicht duktil ist, würden vergleichbare Gruben bei einer Gußdicke von ca. 2 mm kleine positiv stehende Knubben auf der Innenseite des Wachsmo- dell s ergeben. Bei einer Gußdicke von über 2 mm würden kleine Ränder um jede Grube entstehen, auf Grund des zur Seite geschobenen Wachses. Das Original Fasson P 4 wies keine dieser Charakteristiken auf. In diesem Fall mußte die Ornamentik durch Kaltbearbeitung der gegossenen Fibel zugefügt worden sein.

Die Nadel der Fibel ist gut erhalten, und wurde aus einer Kupferlegierung gemacht. Sie wirkt hergestellt durch eine Guß- und Schleiftechnik und nicht durch eine Ausglühen- und Aushämmertechnik oder eventuell eine Ausglühen- und Zugtechnik. Ein kräftiger Schlag oder Druck auf den

Nadelhalter hat die Nadel in diesen eingeschlossen. Der Querstift, der die Nadel an dem zweiteiligen Nadelhalter festhält, besteht ebenfalls aus einer Kupferlegierung.

Auf dem Dach der Fibel ist ein relativ großes Loch mit einer kräftigen Niete verschlossen worden. Die Niete ist in einem Versuch stempelornamentiert, der die umgebende Grubenornamentik imitieren soll. Das Loch wirkt von der Innenseite aufgebohrt, aber es ist nicht festzustellen, ob ein Gußfehler repariert werden sollte, oder ob dieses die Verschleißung eines mit Absicht erzeugten Loches ist.

MODELL FASSON P 4

Ein hohles Urmodell wurde nach Augenmaß angefertigt. Von diesem Modell wurde durch eine plastische Lehmzwischenform ein Ablegermodell erstellt (Modell P 4a). Modell P 4a hatte, wie erwartet, auf Grund der Wachskopiermethode (flüssiges Wachs) negativ stehende Leisten an der Unterseite des Daches. Ein simples Modell für eine Bodenplatte wurde ebenfalls mit einem Nadelhalter, der als Wachsblase geformt war, in Wachs hergestellt. Bei den dosenförmigen Fibeln wurden folgende Maße genommen: Größter Durchmesser über dem Boden, größter Durchmesser des Daches, größte Höhe ohne Knopf und größte Höhe der Wände (ohne Bodenplatte). Bei der Bodenplatte: größter Durchmesser, Durchmesser des Loches und Dicke.

Original P 4 (Ohne Bodenplatte) 4,80/4,60/2,30/1,90

Urmodell P 4 4,80/4,55/2,25/1,85

Modell P 4a (angewandt in Form VII) 4,60/4,40/2,20/1,75

Modell Boden DS a (angewandt in Form VIII) 5,00/2,30/0,20

Wie die Zahlen andeuten war das Modell P 4a kleiner als das Urmodell. Das lag daran, daß das einfach ausgeformte Modell keiner Form von Retusche oder Ornamentverzierung bedurfte.

GUSSFORM FASSON P 4 UND DAS FRAGMENT VON STORA KARLSÖ

Es gibt ein originales Gußformfragment von einer dosenförmigen Fibel. Dieses wurde auf Stora Karlsö - einer kleinen Insel westlich von Gotland - gefunden (Thunmark-Nylén 1983, 24-25). Das Fragment rührt von einer Dosenfibel Fassung D 5 her, ein frühzeitiger Fibeltyp mit angegossenem Boden, und es ist vom Dach der Fibel, also vom Oberteil der Gußform. Eine Ecke des Fragmentes zeigt einen geglätteten Rand. Dieses sagt uns, daß das Oberteil mindestens zweigeteilt war, hier verstanden als ein Oberteil mit einem separaten Teil für das Dach der Fibel. Ein Teil der Ornamentik auf dem Fragment sieht so aus, als ob sie mechanisch in den Ton gedrückt wurde (Punktierungen). Bei einem mehrteiligen Oberteil ist es besonders einfach, ein Modell zu entfernen und an dem noch plastischen Abdruck in der Form weiterzuarbeiten.

Thunmark-Nylén hat versucht Spuren von Gußnähten an dosenförmigen Fibeln nachzuweisen. Eine grobe Gußnaht, die asymmetrisch über Dach und Wand einer ölandischen Fibel Fassung D 15 (SHM 24957) läuft, sieht Thunmark-Nylén als einen Fehlguß an. Thunmark-Nylén meint, daß ein Bronze gießer auf Öland versucht hat, mit einer verkehrten Formtechnik zu arbeiten - nämlich mit der für große, ovale, schalenförmige Fibeln (Thunmark-Nylén 1983, 22-23, fig. 16).

Als ein wichtiger Fund in diesem Zusammenhang ist eine unfertige dosenförmige Fibel in einem Bronze gießer- oder Schmiedefund von Smiss auf Gotland zu nennen. Die Fibel ist von der Fassung Gbl 3 (SHM 4078). In Zachrissons Publikation des Smiss Fundes wird nichts über Gußnähte an dieser Fibel erwähnt, aber fehlendes Aufschneiden des Loches für den Mittelknopf und unvollständige Ziselierung der Wandfelder sind genannt (Zachrisson 1962, 210 ff.). Die Fibel weist vier intakte Nietfüßchen auf (nicht flachgeschlagen), und es wurde nie eine Bodenplatte ange-

setzt. Ein interessantes Detail sind vier kleine Figuren auf dem Dach der Fibel. Diese sind mit der Cast-on Technik an die Fibel angegossen. Das soll heißen, sie haben vor dem abschließendem Guß der Fibel fertiggegossen in der Gußform gesessen.

Der Fund von Smiss beinhaltet auch mehrere stark abgenutzte und defekte Bronzegegenstände. Unter anderem fanden sich eine tierkopfförmige Fibel vom Typ 4:11 mit angegossener Bodenplatte und zwei Unterteile für doppelschalige ovale Wikingerzeitfibeln (auf Gotland fastlandsspænder genannt). Dieses wird als das Schrottmaterial des Gießers betrachtet. Sie hätten aber auch als Modelle für neue Fibeln Anwendung finden können, wenn auch in einer schlechten Qualität. Die wichtigsten Einzelstücke im Smiss-Fund sind drei kleine runde Fibeln (JP 48) mit Borrestil-Verzierungen. Sie sind gleichzeitig in derselben Form gegossen worden. Durch Gußkanäle mit ovalem Querschnitt hängen die drei Fibeln immer noch zusammen. Der Einguß wurde allerdings entfernt (Zachrisson 1962, fig. 9).

Im originalen Fundmaterial gibt es also Belege dafür, daß das Oberteil der Form für dosenförmige Fibeln mehrteilig war. Trotzdem wurde beschlossen, die Oberteile bei den Versuchen einteilig zu versuchen. Der Versuch wurde wie bei den Versuchen mit den Fibeln vom Typ 5 gestaltet.

Form VII: Das Modell P 4a wurde angewendet. Zuerst wurde das Oberteil erstellt. Es war schwer, den Lehm dicht an das Modell zu bringen, wegen seiner runden Form. Der Einguß wurde an einem Fuß der Eckpfeiler angesetzt (Zachrisson 1962, fig. 8). Um den Einguß modellieren zu können, mußte ein wenig Extra-Material an einem Ende des Oberteils zugefügt werden. Dabei bekam die Form das Aussehen einer Kasserolle (Abb. 30). Es war kein Problem, das Oberteil mit dem Dach nach unten hinzulegen. Nach einem Tag Trocknen wurde das Wachsmaterial entfernt. Das Unterteil wurde mit einem Stück Textil als Hohlraum gefertigt (siehe oben unter Form

IX). Wie bei Form IX wurden Hohlräume für die Nietfüßchen geschaffen, leicht eingezogen unter die Mitte der Wandfelder. Das Unterteil war unkompliziert zu machen. Es wurde Abdruckslehm angewendet. Damit das Unterteil nicht zu massiv wurde, wurde eine Vertiefung in den Boden des Unterteils mit dem Daumen tief eingedrückt. In Hinsicht auf Arretierung und Facettierung der Formkanten unterschied sich Form VII nicht wesentlich von den vorangegangenen Formen.

Form VIII: Einfache flache zweigeteilte Lehmform mit herausnehmbarem Modell (Modell Boden DS Pa).

VERSUCH MIT FASSON G 6, FRAKTION 9-10

Die letzte Fibel aus dem Material von Fyns Stift Museum ist eine große dosenförmige Fibel (6 cm Durchmesser) von der Fassung G 6, Fraktion (Fr.) 9-10 nach Thunmark-Nylén (Abb. 10-12). Die Fibel hat als Typ eine lange Laufzeit und kann in das 10. Jahrhundert eingeordnet werden (frühes 11. Jahrhundert ist nicht auszuschließen). Es gibt keinen geschlossenen Fund wo dieser Fibeltyp zusammen mit dem relativ gleichzeitigen Typ 5:2 auftritt. In dem nicht fachlich ausgegrabenen Fund von Hemse (SHM 4683) fand sich eine Fibel G 6 Fr. 1 mit Fibeln vom Typ 5:2 (genietet) und 7:1 (gegossen). Ich will Fassung G 6 Fr. 9-10 chronologisch unmittelbar nach dem Typ 5:2 und vor Fassung P 4 einordnen. Vom Stil betrachtet ist die Ornamentik dem Mammenstil ähnlich, auch „Runensteinstil“ genannt (Capelle 1968, 56 ff.). Es ist bei der Quadrantenornamentik nicht die Rede von Tierfiguren, aber von anthropomorphen „Gubbe“ Figuren.

Dagegen konnte mit Sicherheit festgestellt werden, daß hier die Rede von einer der unkomplizierten wikingerzeitlichen massenproduzierten Fibeln ist. Wenn man gewisse Ausgangspunkte kennt, ist die Ornamentik schnell eingeschnitten. Die

Randfelder des Daches sind plan und stehen im Verhältnis zu den umgebenden Quadrantfeldern negativ. Wie erwartet treten die Randfelder auf der Innenseite der Fibel positiv hervor. Es gab keine Spuren eines Textilabdruckes. Es spricht vieles dafür, daß die Fibel aus einer Wachskopie in einem Stück gefertigt wurde. Der Übergang zwischen Dach und Wand an der Innenseite der Fibel war gerundet, die Gußdicke betrug hier bis zu 3-4 mm.

Doch bestand diese Fibel ursprünglich aus 10 Einzelteilen und einer Silberschnur. Dem hier behandelten Exemplar fehlen zwei der Käfertierchen auf dem Dach, der zweigeteilte Mittelknopf und die Silberschnur. Die Käfertierchen waren auf dem Dach mit Niettechnik befestigt (vier Nietfüßchen per Käfer). Das jetzige Gewicht der Fibel von 112 g gäbe Material genug für drei Fibeln vom Typ 4:5. Die Wände und das Dach der Fibel haben eine ungefähre Gußdicke von 1,5-2 mm.

Die sehr gut erhaltene Oberfläche der G 6 Fibel hatte nur Spuren von leichter mechanischer Abnutzung und gab die Möglichkeit, Bearbeitungsspuren festzustellen. Makrofoto Abb. 31 zeigt kleine Kerben von einem Eisenstichel. Bei der Nachbearbeitung des Ornaments - unmittelbar nach links - ist dem Handwerker das Werkzeug abgerutscht. Die kleinen käferartigen Tiere und die Silberschnur machten 24 kleine Bohrungen notwendig. Ein sich langsam drehender Stahlbohrer kann ohne Schwierigkeiten durch Messing von bis zu einem halben Zentimeter Dicke dringen. Ein paar Extra-Löcher unten an einem der Eckpfosten haben keine Verbindung mit dem Anbringen eines Silberdrahtes. Diese Löcher wurden gemacht, nachdem die Fibel vollends fertiggestellt und in Gebrauch genommen war. Dieser Fibeltyp wurde ein Stückchen unter dem Hals getragen, und hat einen halblangen Umhang zusammengehalten. Die Nadel wurde waagrecht befestigt im Gegensatz zu den tierkopfförmigen Fibeln, wo die Nadel senkrecht plaziert wurde. Hierbei wurden Nadelhalter und Nadelrast einem wechselnden Druck in drei Richtungen ausgesetzt. Je schwerer

und höher die Fibel war, desto größer war die Belastung, und als Resultat hat die Fibel fast mit dem Dach schräg nach unten gehangen. Dieses war unerwünscht! Deshalb wurden die Extra-Löcher eingebohrt, und durch diese wurde ein Faden gezogen und mit der dahinterliegenden Kleidung verbunden. Auf diese Weise wurde die Fibel aufgerichtet und die Nadel ein wenig entlastet. Im Gegensatz zu den tierkopfförmigen Fibeln konnten die dosenförmigen nicht während harter physischer Arbeit getragen werden. Das Risiko, daß die Nadel aufsprang, war zu groß.

An der Bodenplatte der Fibel vom Typ G 6 ist wieder das Öffnen der Nadelrast durch Aufschneiden zu beobachten (Abb. 12). Die Nadelrast war in Wachsblassen-Technik erstellt. Die Bodenplatte ist mit vier festen Nieten, die eingezogen an den Wandfeldern saßen, festgenietet. Die Nadel war aus Eisen (der Querstift aus einer Kupferlegierung). Der Bodenplatte wurde nach dem Festnieten an der Fibel feine Tremolierornamentik zugefügt. Die Ornamentik der Randpfosten scheint durch Einritzen nach dem Guß erstellt. Die Fibel kann als gut ausgeführtes Standardprodukt bezeichnet werden.

MODELL G 6 FRAKTION 9-10

Mit Hilfe einer Schieblehre und nach Augenmaß wurde ein hohles Urmodell aus Wachs angefertigt. Quadranten, Eckpfosten und Wandfelder wurden markiert, aber keine Ornamente in das Urmodell eingeschnitten. Mit der Wachskopiemethode wurden zwei Kopien aus Wachs hergestellt (Gußdicke etwa 2 mm). Diese Kopien wurden mit einer individuellen Ornamentik ausgestattet. Es wäre technisch auch möglich gewesen, fertige Ornamentfelder durch dünne Wachskopien von der ersten Kopie auf die zweite zu überführen. Die Ornamentik auf den Eckpfosten wurden versuchsweise in das Wachs eingeritzt. Während der Arbeit wurde klar, daß die späten Dosenfibeln mit separater Boden-

platte nicht rund, sondern bewußt achtkantig ausgeführt wurden. Dieses ist speziell von unten und innwendig in der Fibel zu beobachten. Die acht Seiten kommen durch vier plane Eckpfosten und vier leicht gebogene Wandfelder zustande. Diese Form ist bei den nachfolgenden Nietarbeiten von Vorteil (Abb. 25), und kann technisch direkt mit den verstärkten und geraden Seiten der Fibel vom Typ 5:2 verglichen werden.

Es wurde ein Wachsmoell einer Bodenplatte gefertigt, deren Nadelrast mit einer Wachsblassen gemacht wurde. Für die Bodenplatte wurde die Schlingbandornamentik von der berühmten goldblechbelegten Martens Dosenfibel Fasson Gbl 5 (SHM 12151) entlehnt (Lindquist 1927). Kleine Käfertiere mit vier Nietfüßchen wurden ebenfalls in Wachs hergestellt.

Original G 6 Fr. 9-10 (ohne Bodenplatte) 6,00/5,85/2,85/2,05
Urmodell G 6 6,40/5,85/2,75/2,10
Modell G 6a (Angewandt in Form V) 6,45/5,75/2,70/2,10
Modell G 6b (z.ZT. noch nicht angewendet) 6,30/5,70/2,65/2,10
Modell Boden DS b (angewandt in Form VI) 6,40/3,25/0,25

GUSSFORM FASSON G 6 FRAKTION 9-10

Form V: Das Modell G 6a wurde angewendet. Das Oberteil wurde in einem Stück erstellt. Es zeigte sich schnell, daß dieses bei großen dosenförmigen Fibeln ein unpraktisches Vorgehen ist. Speziell der Abdruck der Wandflächen war nicht zufriedenstellend. Später war es schwer, das Modell aus dem Oberteil zu entfernen, ohne den Abdruck zu beschädigen. Daher blieb Modell G 6a in der Form und wurde mit der „Cire perdue Methode“ ausgeschmolzen. Deutlich war zu erkennen, daß bei Anwendung fester Modelle die Grenze für Gußformen mit einteiligem Oberteil erreicht war. Trotzdem gelang es die Form fertigzustellen. Das Unterteil wurde wie bei

Form VII ausgeformt, doch ohne Textilabdruck. Die Hohlräume für die Nietfüßchen wurden - anders als bei Form VII - mit kleinen Wachsstäbchen erstellt, die an der Innenseite des Wachsmoells angebracht wurden. Wegen einer Unaufmerksamkeit war das Unterteil ca. 2 Stunden der direkten Sonne ausgesetzt und wurde hierbei teilweise schockgetrocknet.

Form VI: Modell Boden DS b. Eine einfache flache zweigeteilte Form für eine Bodenplatte mit herausnehmbarem Modell.

VERSUCH MIT FASSON G 2 FRAKTION 5

Die große doppelschalige Dosenfibel aus dem Hafen von Haithabu ist mit Sicherheit eine von Thunmarks-Nyléns Fasson G 2 Fr. 5. Ein fast identisches Exemplar von Klinte auf Gotland (C 5148) ist bei Thunmark-Nylén abgebildet (Thunmark-Nylén 1983, 49 ff., fig. 38 b). Diese Fibelform ist früher als die G 6 Fibel, und kann in das Ende des 9. Jahrhunderts und die erste Hälfte des 10. Jahrhunderts datiert werden. Die äußere Schale wiegt heute 47 g und hat eine Gußdicke von 1,5-2 mm. Der in einem mit der Fibel gegossene Mittelknopf ist ca. 8 mm dick. Die Fibel hat einen Durchmesser von 5,5 cm über den Boden gemessen. Sie ist reich mit Borretilornamentik verziert und mit vielen aufgelösten „Gubbe“ Figuren auf dem Dach (Abb. 13-16) versehen.

Die Fibel ist 1980 bei der archäologischen Untersuchung der Schicht II im Haithabu Hafen zum Vorschein gekommen. Nur die Außenschale der Fibel ist erhalten. Sie wurde augenscheinlich im Wasser verloren. Im Hafenschlamm ist dann mehrmals auf sie getreten worden. Das kann man zum einen an der kräftigen Abnutzung an dem einen Eckpfosten erkennen (ein Stück einer Niete ist auch abgeschliffen), zum anderen an der kräftigen planen Deformation der Fibel. Diese Deformation tritt aber nur an der abgenutzten Stelle auf. Anscheinend waren 9/10 der dünnen Außenschale mit einem

beschützenden Material gefüllt, wahrscheinlich Sand und Schlamm. Eine weniger augenscheinliche Möglichkeit wäre, daß die innere Schale und die Bodenplatte zum Zeitpunkt der Deformation an ihrem Platz waren. Alle vier Nietfüßchen der Außenschale sind jedoch so abgeschliffen, daß dieses nicht der Fall sein kann.

Eine große Wahrscheinlichkeit spricht dafür, daß die G 2 Außenschale als Schrottmaterial nach Haithabu gekommen ist. Es soll nicht ausgeschlossen sein, daß eine gotländische (?) Frau die Fibel getragen hat und sie bei einem Spaziergang oder beim An-Bord-Steigen im Haithabu-Hafen verloren hat.

Die Fibel ist gut erhalten, aber Ornamentik und Bearbeitungsspuren sind mit einer kräftigen Lage Konservierungslack un deutlich gemacht worden. Es waren schwache Spuren von Vergoldung zu erkennen.

Die Außenschale ist mit nicht weniger als 108 Durchbrüchen gegossen worden. An mehreren Stellen waren die Durchbrüche nicht geglückt, und eine dünne Metallage mußte weggepickt werden. An der Innenseite sind einzelne gebogene Ränder von dieser Arbeit zu sehen. Acht Durchbohrungen für den fehlenden Silberdraht sind mit einem langsam drehenden Bohrer nach dem Guß gemacht worden. Daß die Silberschnur fehlt deutet an, daß die Fibel den Status als Schrottmaterial in Haithabu hatte.

Ein kleiner Schaden oben in der Ecke eines Wandfeldes stammt vom Guß (Abb. 16). Eigene Versuche haben gezeigt, daß Sandkörner und Holzkohlepartikel den Weg in die Form finden können. Diese legen sich beim Gießen auf Grund der Schwerkraft auf der Seite, wo der Einguß sitzt, und machen einen ungewünschten Abdruck im erstarrten Metall.

Diese Schäden helfen jedoch dem experimentellen Archäologen, die Lage des Eingusses zu bestimmen. Es zeigte sich bei sämtlichen Dosenfibeln aus meinem Material, daß einer der Eckpfosten immer deutlich breiter als die übrigen drei war. Diese breiten Pfosten befanden sich direkt gegenüber kleineren Gußschäden durch ein-

gefallene Partikel. Unter dem abweichenden Eckpfosten war die Nadelrast plziert. Hier ist also ein vergleichbarer Punkt mit den tierkopfförmigen Fibeln. Bei diesen war der Einguß - wie oben erwähnt - an der Nasenpartie angesetzt, die wiederum über der Nadelrast sitzt. Subjektiv betrachtet haben der Eckpfosten einer dosenförmigen Fibel und die Nasenpartie einer tierkopfförmigen Fibel das gleiche Aussehen, speziell wenn man einen Eckpfosten ein wenig breiter macht.

Die vier Nietfüßchen der Haithabu Fibel waren unter den Eckpfosten angebracht, und nicht wie bei der G 6 Fibel unter den Wandfeldern. Dieses ist logisch, da die dünne durchbrochene Wandornamentik Schläge mit einem Niethammer nicht aus halten kann.

Die bewußt solider gefertigten Eckpfosten waren die richtige Stellen. Die Niete der G 2 Fibel sind direkt auf den Rand der Fibel gesetzt, im Gegensatz zu den eingezogenen Nietfüßchen bei der Fibel G 6 (Abb. 14). Dieses ist zufolge Thunmark-Nylén eine sichere technologische frühe Besonderheit. Fibeln mit dieser Besonderheit haben schnell ihre Bodenplatte verloren, auf Grund des Abschleifens der Außenkante des Bodens. Man mußte deshalb zu technologischen neuen Überlegungen greifen, und die Nietfüßchen am Rand der Fibel plazieren (Thunmark-Nylén 1983, 105 ff.). Die G 2 Fibel von Haithabu gehört zu den frühen Fibeln mit genieteteter Bodenplatte, und sie hat noch nicht die reelle achtkantige Ausformung.

Ein paar kleine Unebenheiten in der „Dachrinne“ der Fibel, wo der Silberdraht sitzen sollte, können als Gußnähte angesehen werden. Dies bedeutet, daß das Dach ein separates Formteil gehabt haben muß.

MODELL G 2 FRAKTION 5

Ein Urmodell in Wachs ist noch in Bearbeitung. Diese Arbeit soll erst im Sommer

1994 abgeschlossen werden. Die Resultate werden im Gotlandsk Arkiv 1995 publiziert. Es kann hier jedoch erwähnt werden, daß das Dach des Urmodells der G 2 Fibel eine Ornamentik aufwies, die aus 48 symmetrisch angeordneten Löchern in einer Wachsscheibe besteht. Die Löcher haben als Fixpunkte für die Ausarbeitung der Ornamentik gewirkt. Die Wandpartien und Eckpfosten sind aus einem langen flachen Wachsband gearbeitet worden, d. h., das Urmodell war aus mehreren Wachsstücken zusammengesetzt, ganz in Übereinstimmung mit Thunmark-Nyléns Theorien (Thunmark-Nylén 1983, 16-22). Die hier behandelte G 2 Fibel ist ein Ableger einer fertiggestellten Fibel, die als festes Modell angewendet wurde. Die Innenseite weist nur schwache Spuren des mehrteiligen Wachsmodells auf.

VERSUCH MIT FASSON BS 4

Die kleine Dosenfibel von Haithabu (Kat. Nr. 95) ist früher schon von T. Capelle und L. Thunmark-Nylén bearbeitet worden (Capelle 1968, 107, Taf. 20,3; Thunmark-Nylén 1983, 86). Capelle hat bereits aufgezeigt, daß die massive Bleifüllung der Fibel auf eine sekundäre Anwendung als Gewicht schließen läßt. Die Fibel ist von der Fassung BS 4, ein relativ seltener Typ (Abb. 17-20).

Da Thunmark-Nyléns Beschreibung aus der Literatur stammt (Capelle 1968) soll hier ihr Katalogtyp BS 3/4 ergänzt werden: Schalentyp 2, 4 Niete, Randpfosten und 4 Wände, Loch unter Nadelrast (M), doppelter Nadelhalter (D), keine Einkerbung unter Nadelhalter (U), Nadel fehlt, Slitage Stadium 4, größter Bodendurchmesser 4,9 cm und in Hinsicht auf Reparaturen - vier neue Niete in den Wänden.

Eine Fassung BS 4 (SHM 8569:80) ist in einem Grab von Bjärs, Hejrum Kirchspiel zusammen mit zwei tierkopfförmigen Fibeln vom Typ 5:3 (genietetete Bodenplatte) und vom Typ 5:5 (angegossene Boden-

platte) gefunden worden. Das bedeutet, die Haithabu Fibel datiert in Carlssons Periode C - das 10. Jahrhundert (Carlsson 1983, 73 und 161). Technologisch gesehen kann die Haithabu Fibel zwischen den hier behandelten Fibeln Fassung G 2 Fr. 5 und Fassung G 6 Fr. 9-10 datiert werden. Unter anderem hat die Fibel einen achtkantigen Grundriß und leicht eingezogene Nietfüßchen. Diese sind an den Eckpfosten angesetzt.

Die Fibel ist ein Streufund aus dem Haithabu Komplex ohne weitere Fundumstände. Leider ist die Fibel stark zerfallen und Teile des Daches und der Wände fehlen. Die eingefüllte Bleimasse gibt doch sehr grob die fehlenden Partien wieder. Die separat gegossene Bodenplatte ist besser erhalten und es ist deutlich zu sehen, daß Nadelhalter und Nadelrast vorsätzlich fast ganz abgeschliffen wurden. Es ist weiterhin zu beobachten, daß die Nadelrast aus einer Kombination von Wachsblase und separat modellierter Nadelrast besteht. Trotz des Zustands der Fibel kann man sehen, daß die Wandfelder kräftig mit einer groben Musterpunze und einem Stahlstichel nachgearbeitet wurden. Genau diese harte Nachbearbeitung hat die Poren des Metalls geschlossen und damit die Ornamentik vor Korrosion geschützt.

Die Fibel hat wie erwähnt vier feste leicht eingezogene Niete unter den Eckpfosten. Abgesehen von der Niete beim Nadelhalter sind alle Nietlöcher aufgeschliffen worden. Ein erfahrener Handwerker hat vier neue durchgehende lose Niete bei den Wandfeldern angesetzt. Die neuen Niete sind sorgfältig ganz unten in die Ornamentfelder plaziert, und wirken nicht verunstaltend für die ansonsten schlecht proportionierte Ornamentik. Eine einzige und klobige Ornamentik ist das Merkmal der Fibeln Fassung BS 3 und 4. Im Vergleich mit vielen Fibeln der Fassung P scheinen die BS 3 und 4 Fibeln einer kleinen Gruppe individuell ausgearbeiteter Fibeln anzugehören. Sie sind nach Fähigkeit und Lust ausgeführt. Nach Thunmark-Nylén sind diese Fibeln aus einer Inspiration der großen Gruppe Fassung BS 2 Fibeln heraus gemacht. Die letzt-

genannten sind gut ausgeführte massenproduzierte Fibeln, die u.a. fast alle die Niete bei einem Wandfeld haben (Thunmark-Nylén 1983, 85).

Es ist die Hypothese zu wagen, daß unter den Erfindern der Fasson BS 3 und 4, samt BS 2 Fr. 5 und BS 6 ein erfahrener Handwerker gewesen ist, der imstande war, sein Produkt sowohl in Qualität als auch in Quantität zu verbessern. Die Resultate dieses(r) Handwerker(s) sollten unter den Dosenfibeln der Fasson BS 2 Fr. 1-4 zu finden sein. Eine Verbesserung ist u.a. in der Nietarbeit der Fibeln zu sehen. Man hat besser platzierte Wandfeldnieten angewendet, im Gegensatz zu den der Fibeln der Fasson BS 2 Fr. 5, 3, 4 und 6 „altmodisch“ pfeifenplazierten Niete.

Die heutige Gußdicke der Haithabu Fibel beträgt nur etwa 0,5-1 mm (dicker am Rand). Die Bodenplatte ist ca. 1 mm dick. Auf Grund der möglichen sekundären Anwendung der Fibel als Gewicht, ist ihr Gewicht vom größtem Interesse. Die Fibel wiegt heute 196 g. Aber es ist nötig das Gewicht der Fibel ohne Bleimasse zu veranschlagen. Eine neu gegossene BS 4 Messingfibel wird mit Bodenplatte aus meinen gemachten Erfahrungen - bei einer angenommenen Gußdicke von 1-1,5 mm, etwa 55 g wiegen. Die Haithabu Fibel hatte einen veranschlagten Gewichtsverlust von etwa 33%, was ein heutiges Gewicht von ca. 36,7 g ergibt. Die Bleimasse hat seit der Wikingerzeit nur ein paar Gramm an Gewicht verloren. Dagegen ist der Fibel auf Grund einer dicken Lage Konservierungslack in neuerer Zeit Gewicht zugefügt worden. Die Berechnung ist folgende: 196 g + ca. 18,3 g (33% des Originalgewichts) = ca. 212,3 g. Man muß mit plus/minus 10 g rechnen (222,3/202,3).

Von Gotland kennt man mehrere Funde der Wikingerzeit mit Gewichten von einer ganzen (204 g), einer halben (96,7-102 g) und einer viertel (53,9-57,2 g) Mark (Gewichtseinheit für sehr reines Silber). Nimmt man das im Verhältnis schwerste Gewicht (57,2 g) ergibt das eine Mark Silber = max. 228,8 g. Eine wikingerzeitliche schleswig-

holsteinische Mark Silber wird mit 204,6 g angegeben. Das leichteste ganze Mark Gewicht der Wikingerzeit stammt aus Schonen und wiegt 194,8 g (Rasmussen 1981, 419-430). Es muß hier daran erinnert werden, daß eine präzise allgemeine Gewichtseinheit im Norden vor dem Ende des 19. Jahrhunderts nicht existierte. In der Wikingerzeit müssen wir uns deshalb damit zufriedengeben, daß das Gewicht für eine Mark Silber zwischen 194,8 g und 228,8 g liegt. Innerhalb dieser Spanne liegt das Haithabu Fibel-Gewicht.

Ein Faktum bei der kleinen Dosenfibel von Haithabu ist, daß die Bleimasse in zwei Abschnitten eingefüllt wurde. Ein Stück wegkorrodierte Fibelwand hat diese Beobachtung möglich gemacht (Abb. 20). Es ist davon auszugehen, daß Nadelhalter und Nadelrast vor diesem Prozeß abgeschliffen wurden. Nach dem Einfüllen der ersten Lage ist das „Gewicht“ gewogen und für zu leicht befunden worden. Die neu eingegossene Bleimasse hat sich in einer deutlich getrennten Lage auf die erste Lage gelegt. Aber anscheinend war das Gewicht nun zu groß, und ein bißchen Blei ist aus der Öffnung der Bodenplatte mit einem spitzen Gegenstand herausgekratzt worden. Mit anderen Worten: das eine Mark Silber Fibel-Gewicht ist sorgfältig „kalibriert“ worden.

MODELL FASSON BS 4

Das Original ist zu abgenutzt und von einer simplen Konstruktion, so daß ein Modell und nachfolgende Gußversuche nicht zu neuen Resultaten führen würden.

GUSSVERSUCHE MIT DEN GUSSFORMEN II-X

Die Brenn- und Gußversuche mit den Formen II-X wurden im archäologischen Freilichtmuseum Groß Raden ausgeführt. Hier sind die Verhältnisse für solche Versuche

optimal. Ich möchte hier Dr. Rolf Voss für seine Gastfreundschaft und meinem Kollegen Dr. Detlef Jantzen für seine Assistenz bei den Versuchen danken.

Das Brennen der Formen ist gut geglückt. Der Vorteil bei den mehrteiligen Formen der Wikingerzeit ist, daß man das Innere nach dem Brennen vor der kritischen Gußphase kontrollieren kann.

Form III (Abb. 32) weist kleine Schönheitsfehler auf, konnte aber für einen Gußversuch akzeptiert werden. Die gebrannten Formen waren alle relativ solide. Das Schmelzen des Metalls ging wie im Pilotversuch in einer kleinen offenen Grube mit Hilfe von zwei Blasebälgen und Laubbaum-Holzkohle vor sich (Abb. 22).

In den Formen II-VII und IX-X wurde eine Kupferlegierung bestehend aus etwa 88% Cu, 10% Sn und 2% Pb angewendet (liquidus ca. 980 Grad C). In Form VIII (Bodenplatte) bestand die Kupferlegierung aus ca. 70% Cu, 20% Zn, 8% Sn und 2% Pb (liquidus ca. 930 Grad C).

Es wurde versucht, die geschmolzene Bronze mit Hilfe von Bienenwachs und kleinen Stücken Holzkohle zu deoxidieren. Beim Guß (abgebildet in Abb. 22) wurde ein moderner offener Graphittiegel verwendet. Bei den anderen Gußversuchen dagegen wurde mit einem kleineren Tiegel aus Kaolinlehm gearbeitet. Eine Temperatur von ca. 1300 Grad C wurde ohne Probleme erreicht. Unmittelbar nach dem Gießen wurden alle Formen in Wasser schockabgekühlt. Ein paar Minuten danach konnte man die Formen endlich öffnen. Sämtliche Güsse gelangen. In Abb. 33 (fertiggegossener Typ 5:5) sieht man das Resultat aus Form II - Modell 5:5 a. Alle Güsse waren in verlorener Form und die Formfragmente wurden nach Gebrauch aufgelöst. Im trockenen Zustand waren die Formfragmente leicht und zerbrechlich wie Kekse.

Die gegossenen Repliken wurden nach deren respektiven Ausgangsmodellen nume-

riert. Hiernach wurden sie gesäubert und gemessen. Es wurde versucht, die Fragmente der Gußformen sorgfältig für spätere Studien einzusammeln. Speziell die Reste der Unterteile waren schwer als wiedererkennbare Fragmente zu retten. Ausnahmen hiervon waren Randfragmente und Unterteile der Formen für Bodenplatten. Es war nur bei den Gußformen für die unkomplizierten Bodenplatten möglich, daß eine Wiederverwendung der Form in Betracht kam.

Form II (Abb. 33): Komplette Fibel (Replik 5:5 a) 6,40/3,90/2,70. Gewicht 98 g (inkl. Gußgrate). Durchschnittliche Gußdicke 3,2 mm. Verglichen mit dem Modell 5:5 a war die Länge der Replik um 1,5% reduziert. Die Breite war 6% geringer. Die Höhe war unverändert. Die Abweichung der Breite konnte damit erklärt werden, daß die Längsseiten der Form II beim Trocknen eingebogen wurden (siehe oben). Die Replik wies eine fast perfekte Ornamentik auf. Der eine Kamm des Nadelhalters war in der Form umgebogen worden und die Replik hat ein ausgeprägtes „schmales“ Aussehen. Es wurde beschlossen, diese Replik nicht weiter zu bearbeiten und die Gußnähte wurden nicht entfernt. Die Gußformfragmente wiesen deutliche blaugraue Metallgasspuren auf, wo das flüssige Metall mit dem Inneren der Form in Berührung gekommen war. 9 Monate nach dem Gießen konnten einzelne Gußformfragmente immer noch nach der Platzierung auf der Replik indentifiziert werden, aber mehrere Fragmente waren nun in einem fortgeschrittenen Auflösungsstadium.

Form III: Komplette Fibel (Replik 5:5 b) 6,50/4,05/2,65. Gewicht 118 g. Gußdicke 3,6 mm. Im Verhältnis zu Modell 5:5 b war die Länge um 0,75% und die Breite um 1,2% reduziert. Höhe unverändert. Die Ornamentik der Replik war schlecht und von Wachsbrandschäden im Abdruckslehm und kleinen Gasschäden geprägt.

Mehrere kleine Sandpartikel waren im Metall gefangen, alle an der Nackenpartie. Die Formfragmente wurden ca. 6 Monate lang

feucht aufbewahrt. In dieser Periode war nur ein geringer Verfall zu beobachten. Der Ornamentabdruck mit blaugrauen Gasspuren war noch deutlich. Hiernach wurden die Formfragmente getrocknet und danach verfielen sie schneller.

Form IV (Abb. 4-5): Komplette Fibel (Replik 5:5 c, Abb. 4-5 links). 6,45/4,00/2,60. Gewicht 115 g. Gußdicke 2,8 mm. Im Verhältnis zu Modell 5:5 c war die Länge um 1,5% und die Breite um 1,2% reduziert. Höhe unverändert. Die Ornamentik stand im Vergleich zu Replik 5:5 b wesentlich besser. Einzelne kleine Gasschäden deuten auf eine zu hohe Gußtemperatur hin. Die trocken aufbewahrten Gußformfragmente waren nach 9 Monaten sehr zerbrechlich und verfallen. Ein sehr großes Formfragment war noch in einem identifizierbaren Zustand.

Form V (Abb. 30 und 34): Komplette große dosenförmige Fibel (Replik G 6a Abb. 10-11). 6,20/5,65/2,65/2,10. Gewicht 172 g. Gußdicke 3,7 mm. Im Verhältnis zu Modell G 6a war der Bodendurchmesser um 3,8%, der Dachdurchmesser um 2,6% und die maximale Höhe um 1,8% reduziert. Die Höhe der Wandfelder war unverändert. Die Ornamentik des Daches war zufriedenstellend, aber die Wandornamentik zeigte deutliche Zeichen, daß das Wachs an dieser Stelle gekocht hat, und so dem Abdruck geschadet hat. Die Ornamentik der Randpfosten war schlecht zu sehen. Hier wäre eine Kaltbearbeitung mit einem Stahlpfriem vorzuziehen gewesen. Bei dem Eckpfosten gegenüber der Eingußseite waren mehrere kleine Holzkohlepartikel in der Bronze eingefaßt (Abb. 11). Die Nietfüßchen waren sehr dick und unförmig. Genau hier hat das Wachs während des Brennens die größten Kochschäden angebracht und dabei die Hohlräume für die Nietfüßchen zerstört.

Es wurde versucht, das Loch im Mittelknopf mit Durchbruchtechnik zu gießen. Dieses war geglückt, aber genau hier waren auf der Innenseite der Fibel Erstarrungsschäden. Diese waren nicht fatal,

aber es war deutlich, daß die Abgasungsmöglichkeiten der Form V an der Grenze des Verantwortlichen waren. Bei Dosenfibeln dieser Größe muß das Oberteil mehrteilig sein. Das unbeabsichtigte Schock-trocknen des Formunterteils bedeutete, daß dieses sich mehr als normal zusammengezogen hatte. Hierbei wurde die Gußdicke der Replik um bis zu 2 mm vergrößert. Das Resultat war eine sehr schwere Fibel - 172 g (mit Bodenplatte usw. ca. 225 g). Ein sehr großer Unterschied zu den 112 g des G 6 Originals.

Die große Martens-Fibel (SHM 12151) wiegt 341,2 g. Die Sundre-Fibel (C 6346) ganze 335 g. Beide Fibeln sind Fasson Gbl. Fr. 5 mit Goldblech belegt und mit dicker Silberschnur versehen (Lindquist 1927, 333 und Thunmark-Nylén 1983, 78).

Die Gußform zerfiel, beim Öffnen der Form speziell das Unterteil. Große und zusammenhängende Fragmente des Oberteils konnten ohne Probleme bewahrt werden (Abb. 34). Alle Formfragmente waren doch sehr zerbrechlich.

Form VI: Komplette Bodenplatte für die G 6 Fibel (Replik Boden DS b) 6,30/3,30/0,25. Gewicht 48 g. Der Durchmesser war im Verhältnis zum Modell um 1,5% reduziert. Der Durchmesser der Öffnung der Bodenplatte war um 1,5% vergrößert. Diese Vergrößerung muß als eine äußerliche Verminderung der Replik gedeutet werden. Dieses kann nur durch das Zusammenziehen des Metalls beim Erstarren zustande kommen. Der Ornamentabdruck war nicht zufriedenstellend. Beide Formhälften zerbrachen beim Öffnen der Form.

Form VII: Komplette Fibel (Replik P 4a, Abb. 7-8) 4,50/4,55/2,40/1,95. Gewicht 68 g. Gußdicke 2,1 mm. Die Replik ist im Verhältnis zum Modell P 4a schief. Dieses geschah, als die noch plastische Form hart hantiert wurde. Die Höhe war um ca. 0,2 mm vergrößert, da die Formteile sich beim Gießen auf Grund der schwachen Armierung ein wenig geöffnet hatten. Auf der Innenseite der Replik kann man den positiv

stehenden Textilabdruck erkennen, selbst der Abdruck einer kleinen Falte im Textil war auf der Fibel erkennbar. Die Dachpfosten standen wie erwartet negativ auf der Innenseite des Daches (Abb. 25).

Das Oberteil der Form wurde beim Öffnen vollständig zerstört. Dieses geschah, da das Metall fest mit dem Abdruckslehm verbunden war, d.h. die Abgasungsmöglichkeiten waren optimal. Nur ein Randfragment des Unterteils konnte als Gußformfragment identifiziert werden.

Form VIII (Abb. 35): Kompletter Boden zu der kleinen Dosenfibel (Replik Boden DS a) 5,00/2,25/0,20. Gewicht 32 g. Das hier angewandte Messing zog sich beim Erstarren weniger zusammen, als die Bronze in den Formen I-VII und IX-X. Die Formfragmente wiesen außer den üblichen blaugrauen Gasspuren klare gelbweiße Gasspuren von Zinkgas auf. Das Oberteil der Gußform könnte nach einer kleinen Reparatur wieder angewendet werden.

Form IX: Komplette tierkopfförmige Fibel mit Nietfüßchen (Replik 5:2 a, Abb. 4-5 rechts) 6,45/4,10/2,55. Gewicht 80 g. Gußdicke 2,4 mm (an einzelnen Stellen nur 1,1 mm). Die Ornamentik war zufriedenstellend und erforderte nur wenig Ziselierarbeit. Keine Gasschäden vorhanden. Die Replik war im Schnitt ca. 2% kleiner als das Modell 5:2 a. Textilabdruck konnte nicht beobachtet werden. Die Nietfüßchen waren perfekt. Mehrere große Formfragmente konnten gerettet werden, sie waren wie bei den übrigen Formen zerbrechlich, und bei Berührung zerbröckelten sie leicht.

Form X: Kompletter Boden zur tierkopfförmigen Fibel (Replik Boden DF a, Abb. 36 Mitte) 6,55/4,25/0,20. Gewicht 31 g. Die Länge war um 2,2%, die Breite um 3,4% zum Modell reduziert. Im Gegensatz zu den Bodenplatten der dosenförmigen Fibeln war das Loch in der Replik Boden DF a im Verhältnis zum Modell um 5% reduziert. Das kann nicht nur allein am Zusammenziehen des Metalls gelegen haben, sondern auch die Lehmform hat sich zu-

sammengezogen. Beide Formhälften zerbrachen beim Herausnehmen der Replik.

Alle Repliken erforderten nachfolgende Kaltbearbeitung. Replik 5:5 a verblieb im rohgegossenen Zustand (der Einguß wurde entfernt). Keine Replik ist aus dokumentarischen Gründen fertigbearbeitet. Ausnahmen sind Replik Typ 4:5 und Replik Typ 5:5 c. Diesen fehlen nur die Nadeln um komplett zu sein. Die notwendige Kaltbearbeitung bestand kurz gesagt aus folgendem Vorgehen: Der Einguß wurde durch ein paar Schläge mit dem Meißel entfernt. Die Umgebung, wo der Schlag eingewirkt hat, wird spröde und der Einguß kann abgebrochen werden. Ein paar sehr große Einguße mußten mit einer modernen Säge abgesägt werden. Hiernach wurden die groben Gußgrate mit einer Kneifzange abgekiffen, und die zurückbleibenden Reste mit einer groben Eisenfeile abgefeilt. Dann wurden die Repliken gewaschen und geschrubbt, um die Gußformreste zu entfernen. Nun wurden auch die „Kerne“ mit einem Holzpfriem ausgeschabt. Einige Unterteilfragmente saßen so an der Fibel fest, daß Eisenpfrieme zur Hilfe genommen werden mußten. Hierbei entstanden Ritzspuren an den Fibeln, wie sie auch an den Originalen zu sehen sind.

Die gereinigten Repliken wurden nun in einem Klumpen Abfallwachs auf einer kräftigen Tischplatte fixiert. Grobe positiv stehende Gußfehler wurden weggemeißelt, kleinere wurden flachzisiert. Danach wurde die Replik mit einer Nagelfeile bearbeitet. Ganz zum Schluß wurde mit einem feinen Schleifstein und mit sandiger, fettiger Schafwolle poliert.

Die Nadelrasten, die mit einer „Wachsbilase“ hergestellt waren, wurden mit einer kleinen flachen Nagelfeile geöffnet. Die Löcher in den Nadelhaltern und für die Nieten in den separat gegossenen Bodenplatten wurden mit einem langsamdrehenden 1,5 mm Stahlbohrer gebohrt. Ein paar Messingnadeln wurden aus einem 3 mm dicken Messingdraht hergestellt. Lehmformen für den Guß von Nadeln, samt Mittelknöpfen und Käfertierchen für die Dosenfibeln Fasson G 6 sind zur Zeit in Bearbei-

tung. Die Nadeln werden mit Querstiften aus Schmiedeeisen oder Bronzedraht an den Nadelhaltern befestigt.

ZUSAMMENFASSUNG DER GUSSRESULTATE

Es war klar, daß je perfekter das gegossene Produkt war, desto weniger konnte man von der Gußform retten (siehe Form VII). Deshalb muß man viele wohlerhaltene vorgeschichtliche Gußformfragmente der Gruppe der mißglückten Güsse zurechnen. Man muß hier die blaugrauen Metallgas-spuren kontrollieren. Wenn diese fehlen oder unvollständig sind, kann man von einer fehlkonstruierten Form sprechen.

Die Formen mit einem Bienenwachsmodell (Cire Perdue) ergaben generell geringere Resultate, als die Formen mit herausnehmbarem Modell. Das lag überwiegend an den Wachsbrandschäden, aber auch an Luft und Wasser, die zwischen Abdruckslehm und Wachsmodell gelegen waren. In diesen Formen konnte das Trocknen des Formlehms (speziell der Kerne) auf Grund des Wachses unvollständig gewesen sein. Aber objektiv gesehen konnten diese Schäden auch auf Grund mangelnder Erfahrung meinerseits oder direkter Fehlgriffe geschehen sein. Formen mit herausnehmbarem Modell hatten hingegen das Problem, daß die Hohlräume während des Trocknens kleiner wurden. Dieses konnte nicht passieren, wenn ein Wachsmodell in der Form war. Beim Brennen konnten beide Formtypen sich zusammenziehen.

Der Grad des Zusammenziehens war von der verwendeten Kupferlegierung abhängig. Die „gotländischen“ Messing-Legierungen waren hier vorzuziehen (siehe Form VIII).

Form II zeigte den optimalen Abdruck. Diese Form war ursprünglich für ein herausnehmbares Modell konstruiert, aber zu einem späteren Zeitpunkt mußte Wachs in den Hohlraum gegossen werden, um den Formlehm nicht zu zerstören. Die sehr dünne Wachshaut bedeutete einen dünnen

Guß für die Replik. Die Repliken mit Textilhohlraum (Form VII und IX) ergaben auch einen dünnen Guß, wogegen Formen mit ausgeschmolzenem Wachsmodell einen zu dicken Guß und damit schwere Fibeln (Form III, IV, V, VI, VIII und X) ergaben.

ORGANISATION UND SPEZIALISIERUNG IM WIKINGERZEITLICHEN GIESSERHANDWERK AUF GOTLAND

Es ist hier kein Platz für eine tiefergehende Analyse dieses spannenden Themas. Gleichzeitig ist mein Primärmaterial zu begrenzt, so ist z.B. das 9. Jahrhundert nur mit einer einzigen Fibel repräsentiert. Hinsichtlich übergeordneter theoretischer Überlegungen verweise ich auf Carlsson 1983, 84 ff.; Hedegaard 1992b, 76 ff.; und Thunmark-Nylén 1983, 122 ff. Man muß daran erinnern, daß empirische Beweise dafür fehlen, daß das Bronzegießerhandwerk als selbstständiges Handwerk auf Gotland ausgeführt wurde. Der Smisss-Fund deutet an, daß Eisen- und Bronzeschmied ein und dieselbe Person gewesen sein kann (Zachrisson 1962).

Ich will hier versuchen auf zwei organisations- und spezialisierungsbezogene Fragen zu antworten:

-Können zwei oder mehrere Fibeln aus meinem Primärmaterial in ein und derselben Werkstatt produziert worden sein?

-Gibt es so umfassende technologische Unterschiede zwischen den tierkopfförmigen und dosenförmigen Fibeln, daß diese auf zwei unterschiedliche Handwerkstraditionen zurückzuführen sind?

Bei der ersten Frage gibt es das Problem, daß immer noch Fixpunkte für die Datierung der Fibeln fehlen. Carlsson hat versucht, seine Typen nach geschlossenen Funden und einzelnen münzdatierten Funden zu ordnen (Carlsson 1983, 62-78). Nach Carlssons Datierungen ist meine Fibel Typ 4:5 zu jung, um mit dem übrigen Material verglichen werden zu können. Die übrigen Fibeln können alle relativ chronolo-

gisch in das 10. Jahrhundert eingeordnet werden. Die P 4 Dosenfibel soll in das 11. Jahrhundert datieren, aber das kann in Frage gestellt werden, auf Grund der besonderen genieteten Bodenplatte. Die kleine Fassung BS 4 Dosenfibel hält technisch einen Vergleich mit der Fassung G 2 Dosenfibel aus. Aber die letztere zeigt deutlich einen Handwerker mit Erfahrungen in der Massenproduktion von Fibeln mit durchbrochener Gußtechnik, während die erstere Fibel auf einen Handwerker mit Mangel an geometrischem Proportionssinn und wenigen Erfahrungen mit dem Material hinweist.

Die Dosenfibel Fassung G 6 und die tierkopfförmige Fibel Typ 5:2 liegen technisch gesehen dicht beieinander. Beide sind wohlausgeführte Standardprodukte, wobei die letztere nachlässiges Arbeiten andeutet. Aber nachlässiges Arbeiten ist nicht gleichbedeutend mit geringen Erfahrungen, zeigt dagegen aber einen unkritischen großen Kundenkreis („Verkäufermarkt“). Beide Fibeln zeigen gute Proportionen und eine feine Nietarbeit. Die Niettechnik der Dosenfibel basiert auf festen soliden Nietten und Flachhammern, wogegen die Nietköpfe der tierkopfförmigen Fibel eine mehr gewölbte Form aufweisen (Gebrauch eines konvexen Dorns) und die Anwendung von schwächtigen losen Nietten zeigt. An diesem Punkt kommt die Fibel vom Typ 5:2 dicht an die Fassung P 4 Dosenfibel. Auch gesehen von einem gewissen einzigartigen „Nachlässigkeits“ Kriterium und der Gleichheit in der Ausführung von Nadelhalter und Nadelrast. Die Ausführung der Nadelrast bei Fassung G 6 ist in reiner Wachsbblasen-Technik. Die massenproduzierte Fassung G 2 zeigt verglichen mit Fassung G 6, P 4 und Typ 5:2 kantengesetzte frühe Niettechnik und unterscheidet sich hierdurch von diesen.

Es wurden keine identischen Musterpunzen auf den verschiedenen Fibeln nachgewiesen.

Etwas überraschend kann festgestellt werden, daß die Fibel vom Typ 5:2 und die Fassung P 4 Dosenfibel von ein und demselben Handwerker ausgeführt worden

sein kann. Interessant ist die Nadelrast. Doch die Dosenfibel öffnet entgegengesetzt zur Nadelrast der tierkopfförmigen Fibel. Wieder Nachlässigkeit, oder ein links-händiger Handwerker? Nur selten treten Fibeln vom Typ 5 in geschlossenen Funden mit Fassung P Dosenfibeln auf. Eine Typ 5:3 Fibel mit genieteter Bodenplatte ist zusammen mit einer Fassung P 6 Dosenfibel (SHM 14287) gefunden worden. Die Fibeln vom Typ 5:2 treten dagegen oft zusammen mit den doppelschaligen D 15 Dosenfibeln (Nieten an den Wandfeldern angesetzt) auf. Meine Typ 5:2 Fibel kann gleichzeitig mit der Fassung P 4 Dosenfibel sein, aber die Argumente hierfür sind doch sehr schwach.

In Hinsicht auf die letzte Frage lautet die Antwort, daß der gleiche Handwerker ausgezeichnet sowohl tierkopfförmige als auch dosenförmige Fibeln produzieren konnte. Thunmark-Nylén ist gegen diesen Standpunkt und argumentiert für einen getrennten Werkstattkreis (Thunmark-Nylén 1983, 124). Ich bin doch einig mit Thunmark-Nylén, daß die tierkopfförmigen Fibeln als Gebrauchsgegenstände bezeichnet werden können gegenüber den mehr prachbetonten dosenförmigen Fibeln.

Für einen tüchtigen Bronzegießer liegt der Unterschied zwischen einer tierkopfförmigen Gebrauchsfibel und einer eventuell goldblechbelegten dosenförmigen Fibel im Zeitaufwand und dem angewandten Material. Die Technik und der Schwierigkeitsgrad der Herstellung bei den beiden Fibeltypen ist gleich, speziell was die Ausarbeitung der Gußform (z. B. Platzierung des Eingusses, „umgedrehtes“ Formoberteil) und die Niettechnik angeht. Goldblecharbeit ist technisch gesehen weniger kompliziert als Bronzegießen. Vom Ornament her werden die zwei Fibeltypen erst gleich mit der späteren Grubenornamentik, aber Unterschiede im Ornament sollte man nicht als Ausdruck von gleichzeitigen verschiedenen Werkstätten sehen. Das kann nur anhand von Abweichungen in der Technik, Proportionssinn und Musterpunzen festgestellt werden.



Abb. 1: Tierkopfförmige Fibel Typ 4:5 mit Replik (FSM 3200x32).



Abb. 2: Type 4:5 von unten, angegossene Bodenplatte.



Abb. 7: Dosenförmige Fibel Fassung P 4 mit Replik (FSM 3200x27).

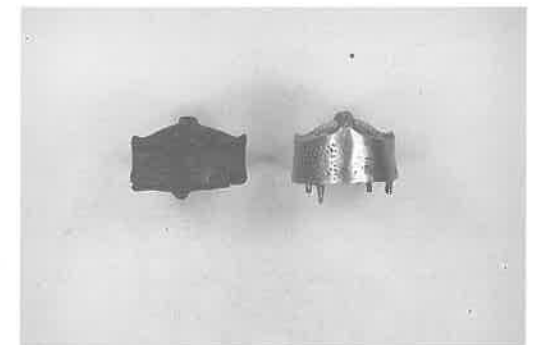


Abb. 8: Fassung P 4 von der Seite.

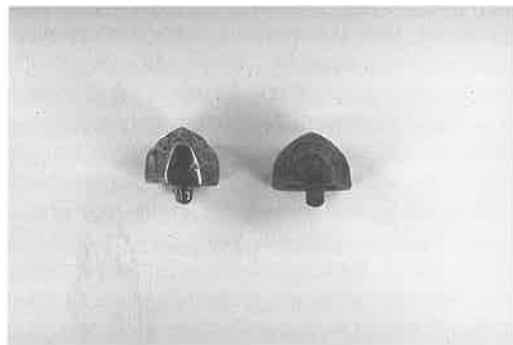


Abb. 3: Nasenpartie von Typ 4:5 und Replik. Beide zeigen kleine Gußschäden.



Abb. 4: Tierkopfförmige Fibel Typ 5:2 mit Replik (FSM 3200x31).

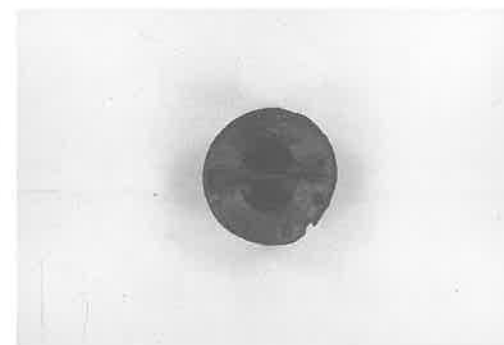


Abb. 9: Unterseite von Fassung P 4.



Abb. 10: Dosenförmige Fibel Fassung G 6 mit Replik (FSM 3200x29).



Abb. 5: Typ 5:2 von unten. Replik links mit angegossener Bodenplatte.

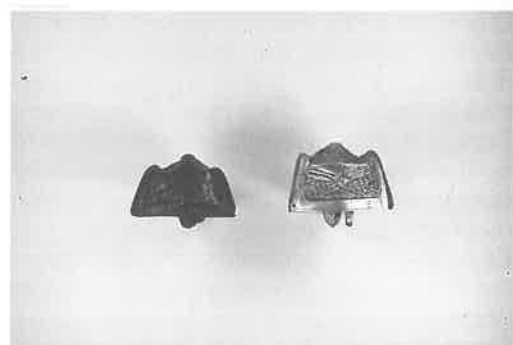


Abb. 6: Nackenpartie von Typ 5:2. Asymmetrisches Dach.



Abb. 11: Fassung G 6 von der Seite. Ein ganz kleines Loch links neben dem Randpfosten der Replik ist ein Gußfehler.

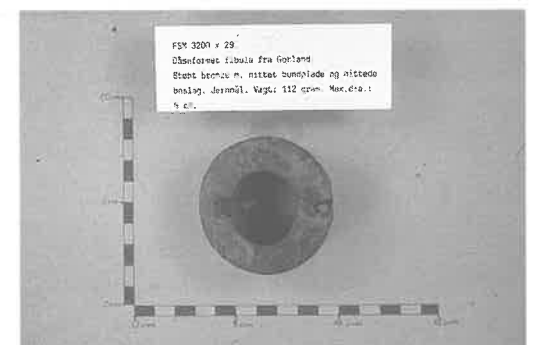


Abb. 12: Unterseite von Fassung G 6.

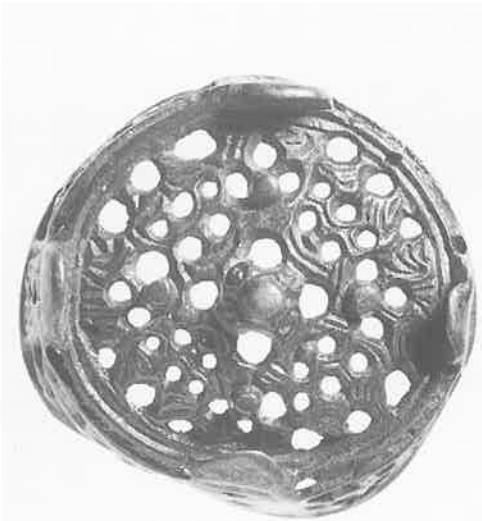


Abb. 13: Dosenförmige Fibel Fassung G 2 (Haithabu Hb 6.8/2). Oben rechts am Rand ein kleines Loch durch ein in die Form eingefallenes Sandkorn oder Holzkohlestückchen.

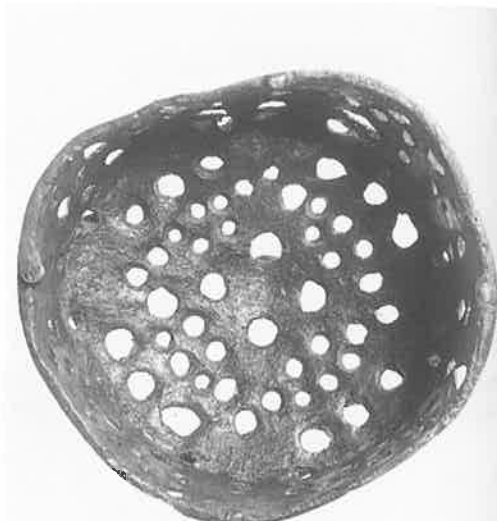


Abb. 14: Fibel Fassung G 2 von unten. Man achte auf die Symmetrie des Durchbruchmusters.



Abb. 15: Fassung G 2 von der Eingußseite.



Abb. 16: Fassung G 2 gesehen von der Seite gegenüber dem Einguß. Gußfehler links vom Eckpfosten.



Abb. 17: Dosenförmige Fibel Fassung BS 4, Haithabu (Kat. Nr. 95). Zum Gewicht umgearbeitet.



Abb. 18: Fassung BS 4 von unten. Nadelhalter und Nadelrast sind plangeschliffen.



Abb. 19: Fassung BS 4 von der Seite. Auf der linken Seite der Eckpfosten, wo der Einguß gegossen hat.



Abb. 20: Fassung BS 4 von der Seite. Das Loch in der Seite zeigt die zwei eingefüllten Bleischichten. Der Eckpfosten mit dem Einguß befindet sich hier auf der rechten Seite.



Abb. 21: Wachsmo­dell (Modell 5:2 a) und Oberteil zur Gußform (Form IX) für die Fibel vom Typ 5:2.



Abb. 22: Gußversuch mit gotländischen Fibeln im Freilichtmuseum Groß Raden.

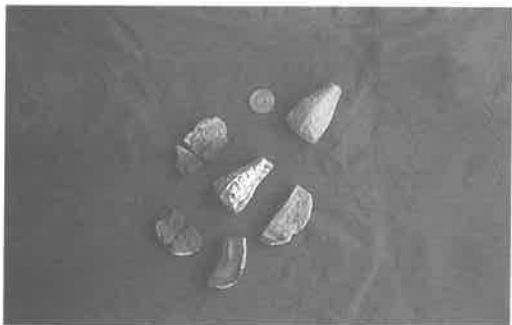


Abb. 23: Replik Typ 4:5 mit Gußformfragmenten. Blaugraue Gasspuren auf der Innenseite der Formfragmente.



Abb. 24: Makrofoto der Nadelrast Typ 5:2. Tiefe Schnittspuren zeigen, wie die Nadelrast geöffnet wurde. Rechts im Bild ein Nietkopf.

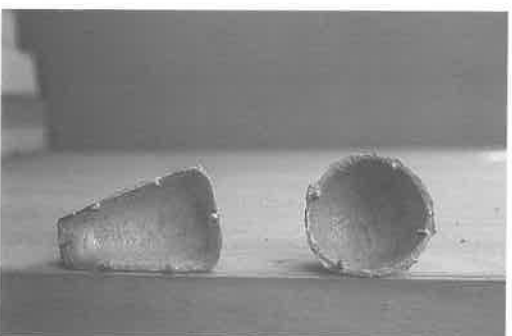


Abb. 25: Tierkopfförmige und dosenförmige Fibeln auf dem Tischrand fixiert. Vorbereitung für das Befestigen der Bodenplatten.

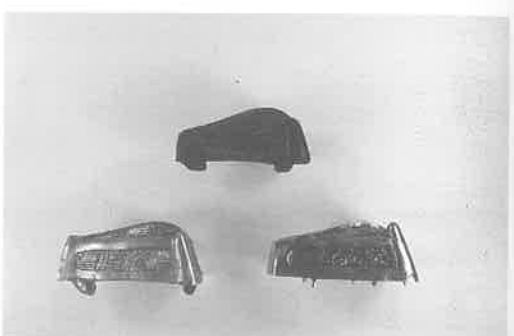


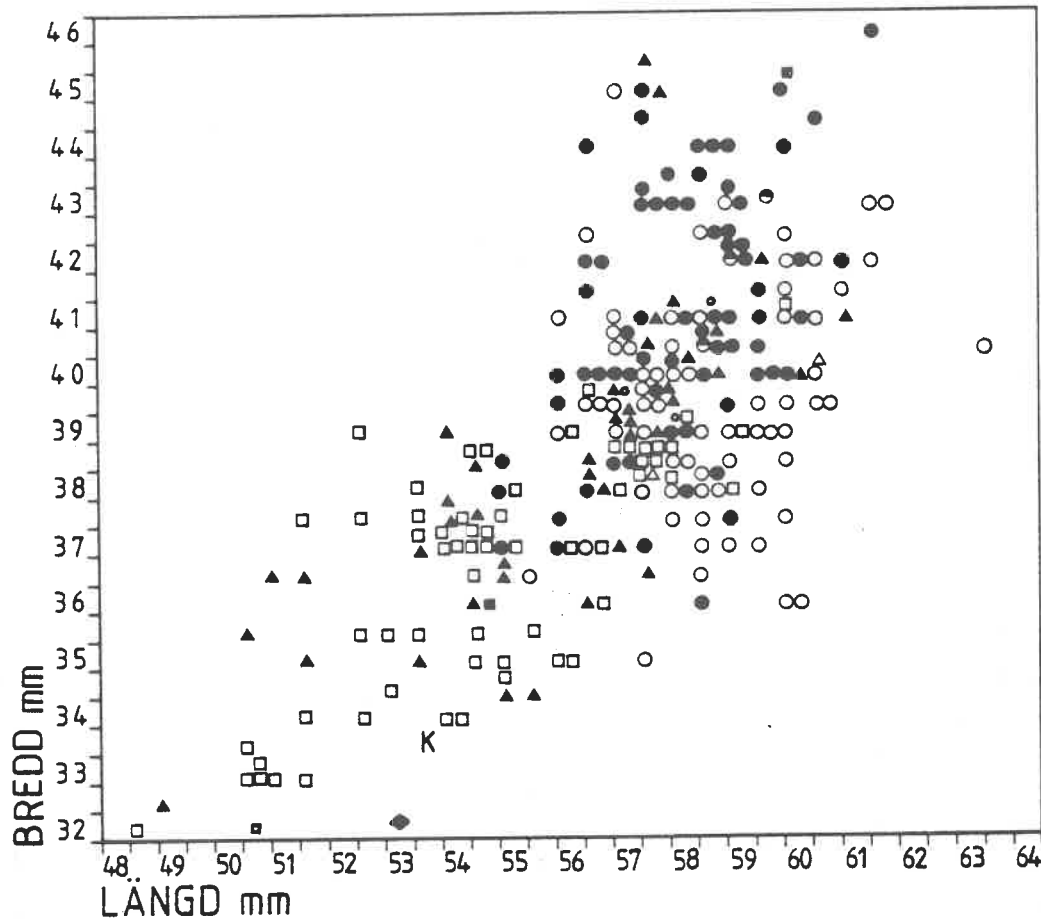
Abb. 27: Typ 5 Fibeln im Profil. Die Repliken sind deutlich größer als das Original. Replik links 5:5 c (Form IV), Replik rechts 5:2 a (Form IX).



Abb. 28: Form X und Wachsmodell für die Bodenplatte zu Fibel 5:2.



Abb. 29: Makrofoto vom Mittelknopf der dosenförmigen Fibel Fasson P 4. Das kleine Loch ist das absolute Zentrum vom Dach der Fibel.



- Typ 5:1.G
- Typ 5:2.G
- Typ 5:2.N
- Typ 5:2.N:ds
- Typ 5:2.L
- ▲ Typ 5:5.G
- △ Typ 5:5.N
- ◆ Typ 5:5.L
- Typ 5:6.G
- Typ 5:6.N
- Typ 5:6.L
- K Typ 5:6.Kopia



Abb. 26: Längen- und Breitendiagramm für Fibeln Typen 5:1, 5:2, 5:5, und 5:6 nach Carlsson 1983, 107, fig. 25.

Abb. 30: Wachsmodell (Modell G 6 a) und „kasserollenförmige“ Gußform (Form V) für die große dosenförmige Fibel Fasson G 6.



Abb. 31: Makrofoto vom Dach der dosenförmigen Fibel Fasson G 6. Kerbspuren von der Arbeit mit einem Eisenstichel.



Abb. 32: Gebrannte und geöffnete Gußform (Form III). Der Kern im Unterteil ist deutlich zu sehen.



Abb. 33: Rohguß und zerstörte Gußform. Replik 5:5 a und die Reste von Form II.



Abb. 34: Rohguß und Gußform. Replik G 6a und die Reste von Form V.



Abb. 35: Rohguß und Gußform. Replik Boden DS a (Messing) und Oberteil von Form VIII. Dieses Gußformteil könnte als einziges wiederverwendet werden.



Abb. 36: Replik 5:2. Tierkopfförmige Fibel mit separat gegossener Bodenplatte (Replik Boden DF a) mit Nadel und Querstift.

Literatur:

- ARRHENIUS, B. 1970-71: Gjutformar og Deglar, påträffade i Birka.
- BRINCH-MADSEN, H. 1984: Metalcasting. In: Ben-card, Ribe Excavations.
- CAPELLE, T. 1968: Der Metallschmuck von Haithabu. Studien zur wikingschen Metallkunst. Die Ausgrabungen in Haithabu 5. Neumünster.
- CARLSSON, A. 1983: Djurhuvudformiga spännen. Stockholm Studies in Archaeology 5.
- GERDIN, A. 1985: Dräktskick och socialt anseende - en vikingatida dubbelgrav i Fleringe. Gotlandsk Arkiv.
- HEDEGAARD, K.R. 1992a: Bronzestøberhåndværket i yngre germanertid og tidlig vikingetid i Skandinavien. LAG 3.
- 1992b: Bronzestøberhåndværkets organisationsformer i yngre germanertid og vikingetid i Skandinavien. Archäologie in Schleswig 2/1992.
- HOLMQVIST, W. 1972: The metal workshops on Helgö. Excavations at Helgö IV.
- JANSSON, I. 1985: Ovale spännbucklar. En studie av vikingatida standardsmycken med utgångspunkt från Björkö-fyndet.
- LAMM, K. 1973: The Manufacture of Jewellery during the Migration Period at Helgö in Sweden. Bulletin of Historical Metallurgy Group 7, no. 2.
- 1980: Early Metalworking on Helgö in Central Sweden. In Oddy: British Museum Occasional paper no. 17.

- LINDQVIST, M. 1927: Det största dosspännet. Fornvännen.
- LÖNBORG, B. 1986: Bronzestøbning i dansk jernalder. Kuml.
- NERMAN, B. 1969/75: Die Vendelzeit Gotland 2/1. KVHAA monografier 48.
- OLDEBERG, A. 1942-43: Metallteknik under förhistorisk tid I-II.
- 1966: Metallteknik under vikingatid och medeltid.
- RASMUSSEN, N.L. 1981: Kulturhistorisk Leksikon II. Viborg.
- ROESDAHL, E. 1977: Fyrkat II. Nordiske Fortidsminder Serie B-in quarto 4.
- RYGH, H. 1919: Dosformiga spännen från Vikingatiden. Stockholm.
- STERNBERGER, M. 1962: Das Gräberfeld bei Ihre im Kirchspiel Hellvi auf Gotland. Acta Archaeologica 32.
- THUNMARK-NYLÉN, L. 1983: Vikinga dosspännen - teknisk stratigrafi och verkstadsgruppning. Aun 4. Uppsala.
- ZACHRISSON, I. 1960: De ovala spännbucklornas tillverkningsätt. TOR 6.
- 1962: Smedsfyndet från Smis. TOR 8.

Anschrift des Verfassers:

Ken Ravn Hedegaard
Ostermark 8B
D-24955 Harrislee
Sydslesvig

Funktionale Analogien als Quellen für die experimentelle Archäologie - Metalltechniken und Werkstätten aus Westafrika

Barbara R. Armbruster

Ethnographische Beobachtungen zum traditionellen Handwerk bieten für die Erforschung der prähistorischen Metalltechnik zahlreiche Hinweise. Rohstoffgewinnung, Techniken, Werkzeuge, deren Handhabung, Werkstätten, Handel und Organisation gehören in diesen Zusammenhang, um nur die wichtigsten zu nennen.

Das bedeutendste Anwendungsgebiet der experimentellen Archäologie beschäftigt sich mit der Rekonstruktion technischer Vorgänge aus vergangenen Kulturen. Oftmals kennt man nur die Hinterlassenschaften der materiellen Kultur, nicht aber die Art der Herstellung, Gebrauch, kulturelle Funktion und Symbolgehalt der Objekte. Um Herstellungstechniken zu rekonstruieren, die bei uns heute keine Anwendung mehr finden, ist es unumgänglich, Experimente und Analogien als Erklärungsmodelle zu verwenden. Dabei werden keine Beweise geliefert. Es werden vielmehr Hypothesen überprüft und Modelle entwickelt, die eine Art der Herstellung oder Funktion eines Artefaktes wahrscheinlich machen. Zur Durchführung von Experimenten bedarf es möglichst vieler technischer Detailinformationen, einer eindeutigen Fragestellung und eines überprüfbaaren Versuchsaufbaus. Die prähistorischen Schmiede und Gießer besaßen ein um-

fangreiches Wissen über Erze, Metalle und andere Materialien wie Keramik, Steine, Brennstoffe sowie über das Verhalten dieser Werkstoffe bei der Bearbeitung. Ohne entsprechende Materialkenntnisse und praktische Erfahrung ist es schwer möglich, prähistorische Werkvorgänge nachzuvollziehen.

Werkzeugspuren an den Objekten, Fehl- und Abfallprodukte geben gleichermaßen Auskunft über Techniken wie die wenigen vorhandenen Werkzeuge und Hilfsmittel. Durch chemische Materialanalysen werden die verwendeten Materialien mit ihren mechanisch-physikalischen Werkstoffeigenschaften bestimmt. So gibt es neben der äußeren Typologie auch eine innere, materialinhärente Typologie der Metallobjekte mit einer Fülle von Angaben zu Herstellung und Gebrauch. Herkömmliche typologische Argumente sollten zusammen mit technologischen Aspekten zur Definition von Übereinstimmungen oder Unterschieden und infolgedessen zur Datierung von Artefakten herangezogen werden können. In diesem Zusammenhang wurde schon der Begriff „Metallkultur“ im technischen Sinne genannt (JANTZEN 1994, 284).

Das mehr oder weniger wissenschaftliche Experiment als Untersuchungsmethode zur Erforschung der Metallgeschichte ist nicht neu. Um die Bronzetechnik haben sich im deutschsprachigen Raum insbesondere H. Drescher und A. Pietzsch verdient gemacht. Hier sollen lediglich einige Arbeiten zur Bronzebearbeitung genannt werden¹ Guß in bronzene Gießformen (DRESHER; Überfangguß (DRESCHER 1958); mitgegossene Verzierungen (Rønne 1991); Schmieden von Wendelringen (PIETZSCH 1964); Schmieden von Gefäßen (PIETZSCH 1968); Verzierungstechniken Punzieren und Gravieren (MÜLLER 1877, 39f.; LOWERY u.a. 1971).

Zur Vorbereitung und Durchführung von Experimenten können im Vorfeld Erkenntnisse verschiedener Wissenschaften, die sich in Teilbereichen mit handwerklich-technischen Fragen befassen, herangezogen werden. Gerade im Bereich der Metallbearbeitung stehen zahlreiche Informationen zur Verfügung.

Untersuchungsmethoden zur Rekonstruktion alter Metalltechniken

Archäometrie und Archäometallurgie

- Chemische Materialanalysen
- Werkstoffeigenschaften
- Optische Untersuchungsmethoden

Im Bereich der Archäometrie werden Metalle analysiert, um deren chemische Zusammensetzung zu ermitteln (RUTHENBERG 1985). Für die Metalltechnik ist die Frage bedeutend, ob es sich um natives Metall mit natürlichen Beimengungen handelt, oder verschiedene Bestandteile künstlich legiert wurden. Die physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe und ihr Verhalten bei der mechanischen und thermischen Verarbeitung sind dabei von besonderem Belang. Im breit angelegten Stuttgarter Metallanalysen-Programm, Studien zu den Anfängen der Metallurgie (JUNGHANS u.a. 1960 u. 1968), wurde die Materialzusammensetzung einer Vielzahl von Artefakten aus Bunt- und Edelmetallen erfaßt. Die anfangs erwarteten Ergebnisse über Rohstoffquellen, Arbeitsmethoden und die Identifikation von Verbreitungsnetzwerken blieben weitgehend aus. Auch konnten die Metallanalysen keine technologischen Problemstellungen lösen (TYLECOTE 1970, 22-23). Für Forschungen vom werktechnischen Standpunkt aus müßte vor der Probenentnahme die entsprechende Fragestellung des jeweiligen Objektes festgelegt sein. Es stellt sich die Frage, in welcher Menge Legierungsbestandteile die Werkstoffeigenschaften von Gold wesentlich für die Bearbeitung verändern und inwiefern der antike Goldschmied überhaupt die Metallzusammensetzung beurteilen konnte (PINGEL 1992, 155). Das Vorhandensein von Probersteinen belegt die Kenntnis der Edelmetallkontrolle schon am Ende der Bronzezeit (MOORE u. ODDY 1985). Anders verhält es sich bei Kupferlegierungen, da schon geringe Legierungszusätze erhebliche Veränderungen im Materialverhalten mit sich bringen. Bronzeanalysen haben gezeigt, daß die prähistorischen Metallurgen es verstanden, gezielt Legierungen für unterschiedliche Verarbeitungstechniken herzustellen.

Das optische Studium mit bloßem Auge oder Vergrößerung am Untersuchungsobjekt und an überlieferten Werkzeugen, wie z.B. Gießformen mit entsprechendem Formnegativ, geben direkte Technikhinweise. Mikroskopische Untersuchungen dienen der Beobachtung und Dokumentation von Werkzeugspuren und Oberflächentexturen (MEEKS 1987). Bei entsprechender Vergrößerung kann durch metallographische Studien die Metallstruktur und deren Veränderungen durch plastische Verformung, thermische Einflüsse und chemische Agentien dokumentiert werden (SCOTT 1991). Die makroskopische Betrachtung mit der Binokularlupe läßt Werkzeug- und Gebrauchsspuren, Reparaturen sowie Materialschwächen, wie etwa Risse und Brüche an Metallfunden erkennen (LARSEN 1987, 397; NAGY 1992, Abb. 6-9, 12-15). Durch das Abformen mit geeigneten Formstoffen können Werkzeugspuren auch fern vom Untersuchungsobjekt im Labor untersucht werden. Zur Beantwortung material- und herstellungstechnischer Fragen, die das Innenleben oder die Verbindungen eines Objektes betreffen, kann zudem die Radioskopie (BORN 1985, 112-125; GOEBBELS u.a. 1985) herangezogen werden.

Die naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden liefern eindeutige Sachverhalte. Dagegen bringen uns die im folgenden angeführten Methoden zwar den zu rekonstruierenden Abläufen von Produktionsprozessen näher, sie bewegen sich aber immer im Bereich der Wahrscheinlichkeiten. Es soll hier noch betont werden, daß die Analogie für die Funktion und Technologie von Gegenständen der materiellen Kultur möglich ist, nicht jedoch der direkte Analogieschluß auf dem sozialen, wirtschaftlichen oder kulturellen Gebiet.

Philologie

- Antike und mittelalterliche Schriftquellen
Antike und mittelalterliche Schriftquellen können Hinweise über Metalle und technische Beschreibungen enthalten (JÜNGST 1981; ZIMMER 1985; KRAPP 1993). Für die Metalltechnik seien hier vor allem

Theophilus Presbyter aus dem 12. Jh. (BREPOHL 1987) und Benvenuto Cellini im 16. Jh. (FRÖHLICH u. FRÖHLICH 1974) genannt. Da die Schriftgelehrten nicht unbedingt identisch mit den ausführenden Handwerkern sind, müssen die technischen Beschreibungen stets auf ihre Durchführbarkeit überprüft werden.

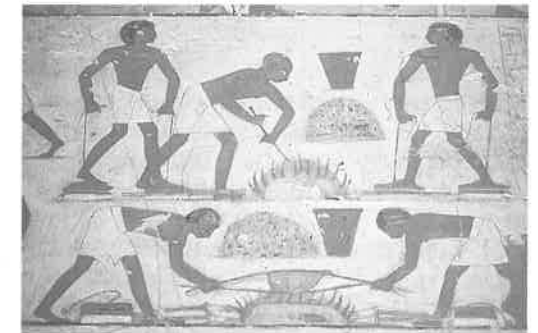
Ikonographie

- Wandmalereien in ägyptische Gräbern
 - Bildliche Darstellungen auf griechischen Vasen
 - Mittelalterliche Fenster- und Buchmalerei
- Bildliche Darstellungen aus ägyptischen Gräbern (GARENNE-MAROT 1985; SCHEEL 1989) oder aus der griechischen Vasenmalerei (ZIMMER 1982; ODDY u. SWADDLING 1985) zeigen Werkzeuge und deren Handhabung sowie Fertigungsprozesse, die zur Rekonstruktion von heute nicht mehr gebräuchlichen Metalltechniken dienen. Im Grab des Rechmire (ca. 1450 v.Chr.) sind Gebläse, Öfen und Tiegel ebenso in Gebrauch zu beobachten, wie Werkzeuge zum Schmieden, Ziselieren und Gießen (Abb. 1). Auch bei den bildlichen Darstellungen zeigt sich das Problem von tatsächlichem Werkvorgang und künstlerischer Umsetzung. So sollte die handwerklich korrekte Interpretation von Text- und Bildmaterial in der Zusammenarbeit von verschiedenen Sachverständigen durchgeführt werden (JÜNGST 1982; DRESCHER 1985/86, 165, Abb. 38a-c).

Ethnographie - Ethnoarchäologie

- Beschreibungen aus dem Metallhandwerk
- Bilddokumentation, Zeichnungen, Fotos, Filmen
- Zusammenarbeit mit traditionellen Metallhandwerkern

Abb. 1: a) - c) Wandmalereien aus dem ägyptischen Grab des Rechmire bei Theben, um 1450 v. u. Z. mit Darstellungen verschiedener handwerklicher Tätigkeiten und Werkzeuge: Wiegen, Gießen, Schmieden mit Steinhämmern, Verzieren eines Gefäßes durch Ziselieren.



1 a



1 b



1 c



1 d

In seinen Studien zu alten Technologien stellte J. Forbes über Fragen des Schmiedewerkzeuges fest: „Much can be learned from the ethnologist's study of primitive tools.... Hence the story of tools will have to be built up from the study of properly dated pieces from excavations and museums, and their handling can still be studied in primitive smithies, which prove to be well arranged and properly planned for the execution of the various operations of the primitive smith“ (FORBES 1964, 130). Dagegen war A. Pietzsch der Auffassung: „Niemand kann uns jedoch heute zur Seite stehen, wenn wir - ausgerüstet mit all unseren technischen Kenntnissen und Errungenschaften - die technische Arbeit der Vorzeit beurteilen wollen. Wir müssen sie selbst, ohne Vorbilder, unter den gegebenen Umständen arbeitend nacherleben“ (PIETZSCH 1964, 9).

Die Ethnoarchäologie bietet für die Rekonstruktion prähistorischer Metalltechniken die Möglichkeit der vergleichenden Betrachtung durch funktionale Analogien mit rezenten handwerklichen Tätigkeiten (GOULD U. WATSON 1982, 355-400; ARMBRUSTER 1993d). In ethnographischen Sammlungen sind gut konservierte Werkzeuge und oftmals ganze Werkstattinventare vorhanden.² Darunter befinden sich auch Stücke aus vergänglichen Materialien, die oftmals im archäologischen Kontext nicht erhalten sind. In zahlreichen Publikationen sind gut dokumentierte Werkzeugabbildungen und Technikbeschreibungen zu finden, die dem Archäologen eine Vorstellung der Vielfalt an Werkzeugformen und Funktionen vermitteln können (CLINE 1937; NICOLAISEN 1962). Das Institut für den wissenschaftlichen Film (IWF) in Göttingen verfügt über eine reiche Filmdokumentation zum Thema Metalltechnik. Bedauerlicherweise sind viele ethnographische Filme von handwerklichen Laien gedreht worden, die dem Betrachter so manche wichtige Phase eines Werkprozesses vorenthalten. Trotzdem liefern diese Filme eine Fülle von aufschlußreichem Anschauungsmaterial. Gerade die älteren Filme dokumentieren oftmals unwiederbringliche Produktionspro-

zesse, die mittlerweile verloren gegangen sind. Um ein Beispiel zu nennen, gab der Film „Messingguß in verlorener Form“ auf Java (Indonesien) (MULLENS 1973-74) den Anstoß zu einer interdisziplinären Untersuchung über den Einsatz von rotierenden Werkzeugen zur Herstellung von Wachsmodellen für eine entwickelte Variante des Wachsauerschmelzverfahrens. Im Film wird die Herstellung von Wachsmodellen für Bronzegongs an einer einfachen Drehbank gezeigt. Diese Analogie ermöglichte den Nachweis von Werkzeugspuren an zylindrischen Goldarmringen der Iberischen Halbinsel, die für die Atlantische Bronzezeit Drehbank und Drillbohrer in der Goldschmiedekunst belegen (ARMBRUSTER 1993c).

Schon um die Jahrhundertwende wurden Analogien rezenter Werkstätten zum besseren Verständnis alter Produktionsverfahren herangezogen, so für die Verwendung von flachen Tiegeln aus leicht sinterndem Ton, die in besonderer Weise mit gewinkelten Tondüsen von oben belüftet werden (GOWLAND 1899, 290-292). Dieses Verfahren wurde unlängst experimentell nachvollzogen (JANTZEN 1991, 310-312). Für die Gußtechnik bronzezeitlicher Ketten wurden als Erklärungsmodell Gießformen und die aktuelle Herstellungsweise solcher Ketten in Malaysia herangezogen, deren Glieder ineinander gegossen werden (GÖTZE 1912). Viele von H. Drescher durchgeführte Experimente und Rekonstruktionen sind auf alte Schriftquellen und bildliche Darstellungen gestützt (z.B. DRESCHER 1980).

Zwischen Ethnoarchäologie, Ikonographie, alten Schriftquellen, naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und experimenteller Archäologie kann zumindest für das Gebiet der Technologie eine Verbindung geschaffen werden. Es wäre wünschenswert auf vorhandene Informationen aus diesen Forschungsgebieten aufbauend eine systematische Aufnahme und Zusammenstellung der schon gesammelten, aber verstreut publizierten Technikinformationen zu erstellen. Dies könnte mitunter eine solide Grundlage für die Rekonstruktion der Technikgeschichte darstellen.

Neben den ethnographischen Sammlungen und der angeführten Text- bzw. Bildokumentation besteht die Möglichkeit der teilnehmenden Beobachtung durch eigene ethnographische Feldforschung. Besonders die direkte Mitarbeit in Metallwerkstätten bietet ein unverfälschtes und praxisbezogenes Studium von sogenannten „primitiven“ Techniken. Ferner können Erkenntnisse über Ausstattung, Größe und Lage einer Werkstatt, Verteilung der Aufgaben, Wissensvermittlung und vieles mehr gesammelt werden.

Westafrikanisches Metallhandwerk

In Westafrika werden Goldbergbau, Goldschmiedekunst, Eisenschmieden, Gold- und Bronze- heute noch nach traditionellen Techniken ausgeführt. In der Edelmetallverarbeitung ist von der Goldgewinnung aus reichen alluvialen Lagerstätten über die Werkzeugherstellung, Goldschmiede- und Gußtechniken nach alten Methoden bis hin zur Wiederverwertung von Altmetall der gesamte Kreislauf nachvollziehbar. In der Republik Mali arbeiten Goldschmiede verschiedener Ethnien Schmuck nach den jeweils typischen Traditionen (ARMBRUSTER 1993b). Zahlreiche alte Techniken sind hier zu beobachten: Gießen, Überfangguß, Schmieden, Nietten, Falzen, Ziselieren, Punzieren, Gravieren, Löten mit Blasrohr, Filigran und Granulation.

Die Gold- und Bronze- gießer arbeiten überwiegend im Wachsauerschmelzverfahren. In den Werkstätten ist der Gebrauch verschiedener Gießformen und Tiegel wie auch der Bau von Öfen- und Gebläsetypen nachvollziehbar (ARMBRUSTER 1993a).

Die westafrikanischen Eisenschmiede arbeiten heute nicht mehr mit autochthon verhüttetem Eisen, sondern mit Eisen- und Stahlschrott. Die Werkzeugformen und Schmiedetechniken sind aber die alten geblieben. Der Grobschmied stellt die Eisenwerkzeuge für die Goldschmiede und Gießer her. In den Minengebieten schmieden Wanderhandwerker die Geräte für die Goldgräber (ARMBRUSTER 1992, 73).

Goldschmiedekunst

Der geschmiedete Goldschmuck der Fulbe ist unter den vielen westafrikanischen Metallarbeiten ein besonders auffallendes Beispiel für eine Analogie.³ Typologisch und technisch vergleichbare Schmuckstücke zu den tordierten Goldringen sind in Westeuropa während der Spätbronzezeit zu finden. Auf Irland gibt es exakte Vergleichsstücke zu großen, geschwungenen Ohrhängern mit kreuzförmigem Querschnitt. Kleine tordierte Goldringe mit quadratischem Querschnitt, die von den malischen Frauen als Ohr-, Nasen- und Haarringe getragen werden, haben ebensolche Parallelen in Frankreich, auf der Iberischen Halbinsel und auf den Britischen Inseln. Die prähistorischen Goldschmiedearbeiten des scharflappig ausgeschmiedeten Typs zeichnen sich ferner durch Varianten wie große Hals- und Gürtelringe (Torques) aus. Die aus der Endbronze- und frühen Eisenzeit bekannten Wendelringe sind als bronzene Vertreter des geschmiedeten, tordierten Ringschmucks anzuführen.

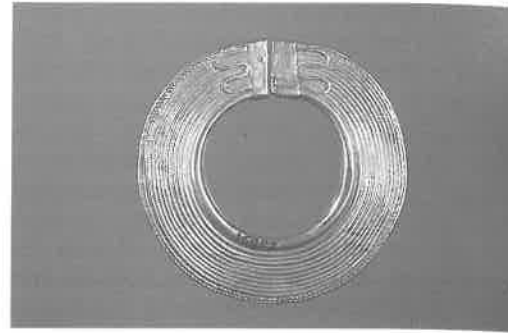
Die mehrfach kontrovers diskutierte Herstellung solcher Gold- und Bronzeringe konnte durch eine ethnoarchäologische Untersuchung rekonstruiert werden. Als typologische und technische Parallelen dienten nicht nur die Schmuckringe selbst, sondern auch die verwendeten Werkzeuge. Um den Werkprozeß zu dokumentieren, wurden Goldringe in Auftrag gegeben und jeder Arbeitsschritt festgehalten. Hiermit liegt gleichsam ein „Experiment“ vor, ausgeführt von Könnern ihres Faches. Die Herstellungstechnik der westafrikanischen Ringe ist ebenso wie die der prähistorischen Vergleichsstücke durch plastische Verformung gekennzeichnet. Aus einem Barren entstehen über Zwischenprodukte mit quadratischem, kleeblattförmigem Querschnitt Ringe mit Kreuzprofil.

Für die Rekonstruktion der Wendelringtechnik experimentierte A. Pietzsch zwei Jahrzehnte lang (PIETZSCH 1964). Zur Vorbereitung seiner sehr systematisch und sorgfältig durchgeführten Versuche machte er zunächst Materialproben auf Belastbarkeit, Bruch und Zug. Pietzsch gelang auf

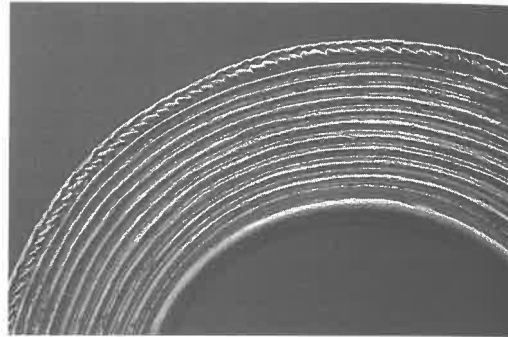
empirisch-experimentellem Weg der Nachweis der besonderen Schmiedetechnik für scharflappige Wendelringe mit kreuzförmigem Querschnitt, die noch heute in westafrikanischen Goldschmiedewerkstätten zu beobachten ist.

Ein goldener, offener Scheibenring aus Extremadura (Spanien) und die Rekonstruktion seiner Herstellung im Experiment

Das Untersuchungsobjekt (Abb. 2) aus der Provinz Extremadura (Spanien), wird im Museo Nacional de Arqueologia, Madrid (Inv. Nr. 16857) aufbewahrt. Der flache, offene, scheibenförmige Ring besteht aus zehn Runddrähten von 0,9mm, innen begrenzt durch einen dickeren, festen Ring aus Runddraht von 2,4-3,2mm und außen durch zwei feine, tordierte Vierkantdrähte, die gegeneinander drehen (Maße: Dm außen 58,6mm; Dm innen 30,4mm; B 14,8mm; 29,55g). An wenigen Stellen zwischen den tordierten und den Runddrähten sind die Drähte nicht verbunden. Dieser Gußfehler entsteht bei ungenügender Verbindung der Wachsdrahte. Der gleiche Fehler trat beim Experiment auf. Ein dünnes Blech umfaßt die Enden. Auf der Vorderseite ist jeweils ein schlangenförmig gebogener Runddraht auf die Blechmanschetten aufgesetzt. Unter der Binokularlupe erscheint die Verbindung aller Drähte vollständig homogen. An den beiden äußeren, tordierten Drähten sind deutlich Gebrauchsspuren sichtbar. Die Tragweise ist nicht geklärt. Das bronzezeitliche Schmuckstück galt bisher als aus vielen einzelnen Golddrähten gelötet (PEREA 1991, 105 u. 126). Da das Verlöten von mehreren Golddrähten mit einem Durchmesser von 0,9mm in der vorliegenden, gleichmäßigen Form selbst mit heutigen Methoden ein äußerst schwieriges Unterfangen ist, wurden Analogien für eine andere Herstellungstechnik gesucht. Rezente Goldgießer der Ashanti und Baulé in Ghana und Elfenbeinküste stellen vergleichbare Schmuckstücke her, die aus flächig aneinanderliegenden Golddrähten bestehen (GARRARD 1989, 96-99 u. 139). Diese werden nicht aus geschmiedeten Drähten gelötet. Vielmehr wird hier das



2 a



2 b

Abb. 2: a) Goldener Scheibenring aus der Provinz Extremadura (Spanien)
b) Details

Wachsausschmelzverfahren angewandt. Besonders feine Arbeiten dieser Technik bestehen aus Gold- bzw. Wachsdrahten von 0,35mm (Garrard 1989, 138 Abb. 139).

Experiment nach Technik des Goldgießens bei den Ashanti (Ghana)

Das Wachsausschmelzverfahren nach der Goldgießtechnik der Ashanti (Ghana) wird nun detailliert beschrieben. Die Darstellung des Vorgangs, ist allgemein gehalten, um den Lesern gegebenenfalls ein Nacharbeiten zu ermöglichen. Neben dem Scheibenring wurden in dieser Technik noch andere Stücke experimentell gegossen.⁴ Zweifellos sollten Experimente zur prähistorischen Metalltechnik - je nach Fra-

gestellung - an die Verhältnisse angepaßt durchgeführt werden. Der im folgenden beschriebene Guß eines goldenen Scheibenringes konnte jedoch nicht im originären Material durchgeführt werden. Die Frage bezog sich nicht auf Ofen und Gebläseinrichtung, sondern auf die Möglichkeit, aus feinen Wachsdrahten einen flächigen Scheibenring herzustellen und im Wachsausschmelzverfahren zu gießen. Da Gold nicht zur Verfügung stand, wurde in Anlehnung an die westafrikanischen „Gelbgüsse“ Messing als Versuchsmetall gewählt. Diese Kupfer-Zink-Legierung eignet sich durch ihre relativ guten Gießesigenschaften als Ersatzmetall. Bei einem guten Ergebnis in Messing kann mit Sicherheit davon ausgegangen werden, daß der Versuch in Gold ebenso, wenn nicht besser gelingen würde. Man benötigt etwa das zwölfwache des Wachsgewichtes an Messing, dessen Schmelztemperatur (ca. 1000° C) durch Abrauchen von gasförmigem Zink sichtbar wird. Hierbei ist ein Metallüberschuß für den Gutrichter zu berücksichtigen. Mit dem Verfahren in der geschlossenen Form, bei dem Tiegel und Gießform miteinander verbunden sind, können Güsse bis zu drei Kilogramm durchgeführt werden. Größere Objekte werden mit Gußform und separatem Tiegel gegossen. Holzkohle ist das geeignete Brennmaterial zum Metallschmelzen.

Ofen, Gebläse und Zubehör

Als Ofen kann eine einfache Grube dienen, die im Freien ausgehoben wird und mit dem Gebläse mittels einer Metallröhre verbunden wird. Eine weitere Möglichkeit besteht im Aufmauern eines Ofens mit „Brennkammer“ aus feuerfesten Ziegelsteinen oder luftgetrockneten Lehmziegeln (Fröhlich 1979, 18 Abb. 3; 28-30 u. 65). Für den Versuch wurde ein Ofen aus einem Blechbehälter verwendet, wie er in Westafrika zu beobachten ist (Abb. 3). Dort werden entweder Metall- oder größere Keramikgefäße als Ofenraum genutzt (Garrard 1989, 128, Abb. 119). Eine Blechtonne (alter Farbkanister) mit ca. 40 cm Durchmes-



Abb. 3: Holzkohleofen aus einer Blechtonne

ser wurde mit Schamotteplatte ausgekleidet, die Fugen mit feuerfestem Ton oder Kittmassen verstrichen und eine durchbohrte Schamotteplatte als Tenne eingebaut. Es können auch feuerfeste Backsteine oder kleine feuerfeste Bauteile als Untersatz für den Gußtiegel genommen werden, der hierdurch erhöht über dem Rost bzw. der Tenne steht. Eine große, alte Schüssel, eine Autofelge oder ein durchlochstes Metallblech benötigt man zum Abdecken des Ofens. Nach dem Trocknen muß der Ofen zunächst durchgeglüht werden, damit jegliche Feuchtigkeit entweicht. Ein Windradgebläse mit Handkurbel, Haartrockner oder Staubsauger (umgekehrt geschaltet) können verwendet werden, solange sich die Fragestellung nicht auf Ofen- und Gebläse oder den Schmelzprozess bezieht. In Westafrika wird traditionell

das Ton- oder Holzschalengebläse wie auch der doppelte Schlauchblasebalg verwendet. Diese Gebläseformen sind mit prähistorischen und antiken Gebläsetypen vergleichbar, die von bildliche Darstellungen (Abb. 1) bekannt sind (SCHEEL 1989; ODDY u. SWADDLING 1985). Bei einem workshop über antike Bronze gießerwerkstätten, Materialien, Werkzeuge und Techniken in Murlo (Italien) wurde ein doppelter Schlauchblasebalg experimentell nach Vorbildern griechischer Vasenmalerei hergestellt und seine Funktionstüchtigkeit erprobt (FORMIGLI 1993, Fig. 6.1-6.13).

Verschiedenes Zubehör wurde für den Versuch bereitgelegt. Zwei große Zangen mit gebogenem und geradem Maul und eine pinzettenartige Holzzange dienen zum Anpacken der Formen und Tiegel. Die Holz zange (Abb. 4) wurde in Analogie zu Holzzangen aus Westafrika hergestellt (HERBERT 1984, Taf. 1). Außerdem wurde zum Lockern der Holzkohle eine Holzstange verwendet. Aus bronzezeitlichen Zusammenhängen sind bisher keine Zangen im Werkzeugmaterial vertreten. Möglicherweise wurden damals Zangen aus vergänglichem Material verwendet. Zum Abkühlen der Holzinstrumente und zum Abschrecken der Gießformen nach dem Guß steht ein Wasserbehälter bereit.

Wachs

Zur Herstellung von Wachsmodellen benötigt man Bienenwachs oder Wachsprodukte in Form von Platten und Stangen. Zum Schmelzen von Wachs dient ein kleines Gefäß auf einer Flamme oder einem Öfchen. In einem flachen Gefäß mit großer Öffnung stellt man Wachsplatten im siedenden Wasserbad her. Ein weiterer, mit Wasser gefüllter Behälter fängt später das erschmolzene Wachs zur Wiederverwendung auf. Zum Gießen von länglichen Wachsstangen eignen sich Barrengußformen, Dachziegel oder Eisen mit U-förmigem Querschnitt. Mit Paraffin und Kollophonium läßt sich Wachs härten, mit Petroleum wird es geschmeidig. Talgpulver dient als Trennmittel.

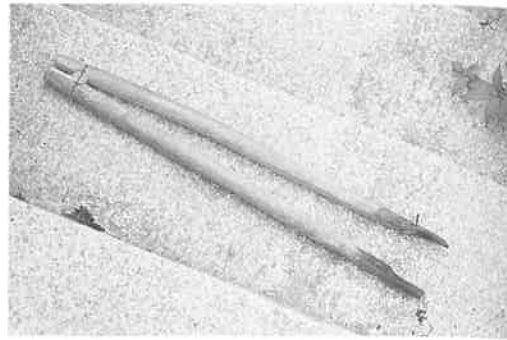


Abb. 4: Holzzange

Modellierwerkzeuge

Ein geöltes, glattes Holzbrett ist die geeignete Werkunterlage. Mit einem handlichen, flachen und glatten Holzspatel läßt sich problemlos Wachsdraht rollen. Zum Modellieren können verschiedene Spatel, Messer, Drähte, Glätthölzer, Stichel, Reißnadel, Punzen und alles, was zur Formgebung in Wachs brauchbar ist, verwendet werden. Ein kleiner Wasserbehälter und eine Wärmequelle (Kerze, Öfchen, Spirituslampe) stehen bereit, um das Wachs und die Modellierwerkzeuge zu erwärmen bzw. abzukühlen.

Tonmaterialien für die Gußformen und Tiegel

Am besten eignet sich hochbrennender Naturton (mind. 1100 - 1200° C) oder als Ersatz dafür eine Grundmischung von zehn Teilen hochbrennender Schamotte, die fein gemahlen sein sollte, mit einem Teil Bentonit (hochwertiger Ton in pulverisierter Form als „Bindmittel“). Feingemahlene Holzkohle nimmt man als Beimengung zu 1/5 der Schamotte-Bentonit-Mischung für den inneren Tonmantel. Die Ton-Holzkohle Mischung (Volumenverhältnis 1:1) kann auch schon vermengt mit einer Steinmühle bzw. Reibsteinen fein gerieben und mit Wasser gemischt werden. Ein Haarpinsel hilft beim Auftragen der ersten Ton-Holzkohle-Schicht. Brennspritus bewirkt, daß das Holzkohlepulver Wasser annimmt und die

erste, feuchte Schicht auf dem fettigen Wachsmodell haftet. Als organische Magerungsmittel für den äußeren Tonmantel sind Roßmist, Fasern des Kapokbaumes, gehäckseltes Gras oder zerriebene, trockene Blätter geeignet. In verschließbaren Behältnissen lassen sich die Tonmaterialien gut mischen und aufbewahren.

Herstellung von Wachsmodellen

Wachsmodelle können aus vorgefertigten Wachsplatten, Drähten (Abb. 5) oder aus massiven Stücken gearbeitet werden. Ihre Wandstärke sollte 0,5 mm nicht unterschreiten. Es ist möglich, massive Stücke, plattenartig flächige Objekte oder Drahtgeflechte zu gießen. Dünnwandige Hohl-güsse wie Perlen, Glocken, Kugeln, Dosen o.ä. formt man über einen Tonkern. Gegebenenfalls werden Messingstifte als Kernstützen eingesetzt, um den Kern nach dem Ausfließen des Wachses in gleichmäßigem Abstand zum Gießformmantel zu halten. Wachs ist ein fettiges, wasser-abstossendes Material, das sich in warmem und weichem Zustand kneten, zu Platten schlagen und zu Drähten rollen läßt. Dünne Runddrähte mit Durchmesser bis zu 0,35 mm können auf einem schräggestellten, befeuchteten Modellierbrett mit einem in warmem Wasser angewärmten Holzspatel, dessen Arbeitsfläche ein wenig gewölbt ist, in kurzen Bewegungen ausgerollt werden (FRÖHLICH 1981, 47 Abb. 58). Unter leichtem Druck wird der Wachs-faden dann durch die gespannte Spatel-fläche gedehnt. Lange Wachsfäden können mit diesen Hilfsmitteln hergestellt werden, indem man immer neue Wachsstücke an das Ende anschweißt. Einzelteile lassen sich mit Hilfe eines erhitzten Werkzeuges verschweißen. In kaltem, hartem Zustand kann man Wachs mit Hilfe von Messer, Feile, Stichel usw. spanend bearbeiten.

Die Wachsmodelle müssen mit Gußkanälen versehen werden (Abb. 8). Dazu bringt man Wachsdrähte an, deren Durchmesser je nach Größe bzw. Gewicht des Modells ca. 3-4 mm beträgt. Da nicht mit Zentrifugalkraft, sondern nur mit dem Ei-



Abb. 5: Modell aus Wachsdrähten

genegewicht des Schmelzgutes gegossen wird, sollten soweit nötig, mehrere Gußkanäle befestigt werden, die man dann zusammengefügt und mit einem Eingußtrichter verbindet. Bei dünnwandigen Objekten, wie z.B. bei Platten von ca. 1 mm Stärke, sollten Randverstärkungen von 3 mm angebracht werden. Man muß darauf achten, da die Übergänge vom Modell zu den Gußkanälen und Verstärkungen der Fließrichtung der Metallschmelze gerecht geformt sind. Um die nötige Metallmenge (mindestens zwölf x Wachs-gewicht) zu ermitteln, wird das Wachsmodell gewogen. Für die Serienproduktion in Wachs können zweischalige Gipsformen verwendet werden.

Ummantelung des Wachsmodells

Die erste Phase gilt der Beschichtung mit der Ton-Holzkohle-Mischung (Abb. 6).

Dazu wird ein Teil der fein geriebenen Masse aus Schamotte und Bentonit mit feinem Holzkohlepulver und Wasser schlickerartig angerührt, wobei ein wenig Brennspritus beigefügt wird, der die wasserabweisende Holzkohle aufnahme- und mischungsfähig macht. Die angerührte Masse sollte einen Tag abgedeckt ruhen. Man benetzt das Wachsmodell mit etwas Brennspritus und trägt auf die feuchte Oberfläche den Ton-Holzkohle-Schlick mit einem Pinsel ca. 1 mm dick auf. Einer eventuellen Blasenbildung kann man durch starkes Blasen und Nachpinseln vorbeugen. Das vollständig ummantelte Modell wird nun zum Trocknen der ersten Schicht beiseite gestellt. Nach dem Trocknen wird eine zweite Schicht von ca. 1 mm aufgetragen und nach abermaligem Trocknen die dritte von gleicher Dicke wie die vorherige. Zum Trocknen der Formen eignet sich ein schattiger warmer Ort, dessen Temperatur aber 40° C nicht übersteigen darf, da sonst das Wachs schmilzt.

Die zweite Phase umfaßt das Ummanteln mit der Mischung aus Schamotte-Bentonit mit organischer Magerung (Abb. 7). Der Rest des pulverförmigen Tonmaterials wird mit einem organischen Magerungsmittel und Wasser vermischt und zu einer homogenen, weichen Masse geknetet, die ebenfalls einen Tag abgedeckt ruhen soll. Die geschmeidige Masse wird nun über die Schicht gestrichen, die man zunächst leicht befeuchtet, wodurch sie sich mit letzterer verbindet. Diese Schicht wird etwa 0,5 cm dick aufgetragen und kann - je nach Größe des Modells - nach dem Trocknen noch ein zweites Mal angelegt werden. Sie sollte schön gleichmäßig gearbeitet sein. Am Ingußkanal wird der Hals des Modells verstärkt und der Tiegelansatz ausgeformt. Trocknen. Dieser wird nun soweit geformt, bis er die nötige Metallmenge aufnehmen kann. Die getrocknete Gußform erwärmt man nun im bzw. am Ofen, bis sich das Wachs verflüssigt. Es wird zurückgewonnen, indem man es in einen Wasserbehälter ausgießt. Die Gießformen sollten so stark erwärmt werden, daß alle Wachsreste verdampfen können.

Bevor nun das Metall eingefüllt wird,



Abb. 6: Ummanteln mit der Holzkohle-Ton-Mischung



Abb. 7: Ummanteln mit organisch gemagertem Ton

schabt der Gießer den Gußtrichter konisch auf, wobei er die Form auf den Kopf stellt. Um zu vermeiden, daß etwas in die Hohlform hineinfällt, wird sie mit einer dünnen Wachsplatte verschlossen. Der Tiegelteil wird mit der abgewogenen Metallmenge gefüllt, mit einem feuchten Papier abgedeckt und mit einem halbrund geformten Tondeckel verschlossen. Trocknen. Die geschlossene Form wird abschließend nochmals mit einer Schicht ummantelt und danach vollständig getrocknet. Die gußfertige Form kann für große Güsse noch mit Draht armiert werden, der unter der letzten Schicht angebracht wird.



Abb. 8: Gußkanäle am Gußstück



Abb. 10: Original und Nachguß



Abb. 9: Fassen der Form mit der Holzzange

Schmelzen und Gießen

In den vorgeheizten Holzkohleofen stellt man die Form mit dem Tiegelteil nach unten. Sie muß mit Holzkohle umgeben und bedeckt werden. Den Ofen deckt man mit einem perforierten Blech oder einer Autofelge ab. Die Gußform sollte langsam erwärmt werden, damit auch der obere Teil die zum Gießen nötige Temperatur erreicht. Es hat sich bewährt, den Ofen zunächst ohne die Formen mit kräftiger Blasebalgtätigkeit anzuheizen, dann die Formen auf eine gut gestopfte 10 cm dicke, glühende Holzkohleschicht zu stellen, mit kleinen Holzkohlestücken zu umgeben und abzudecken. Der zugedeckte Ofen sollte ca. 15 Minuten ohne Gebläse, aber mit Zug belassen werden. Erst nach diesem langsamen Aufheizen sollte der Blasebalg wieder in Betrieb genommen werden.

Man füllt mehrmals Holzkohle nach. Dafür hebt man die Form leicht an, da sie mit der abbrennenden Holzkohle stets tiefer rutscht. Ein Helfer stopft bzw. verdichtet die Holzkohle neben den Formen mit einem Holzstock. Die Schmelzdauer richtet sich nach der Menge des Schmelzgutes und der Hitze des Ofens. Die Schmelztemperatur ist bei der Verwendung von Messing am sich grün-gelblich verfärbenden Feuer durch Abrauchen von Zink zu erkennen. Auch die helle Glühfarbe des Tiegelteils zeigt die Temperatur an. Der Gießformteil ist nun ca. 500° C, der in der direkten Glut liegende Tiegelteil ca. 1200° C heiß. Sobald der Schmelzpunkt erreicht ist, faßt man die Gußform mit einer Holz- oder Eisenzange, hebt sie aus dem Ofen und bohrt sie im oberen Tiegelbereich mit einem spitzen Metallgegenstand an (Abb. 9). Die richtige Gießtemperatur ist erreicht,

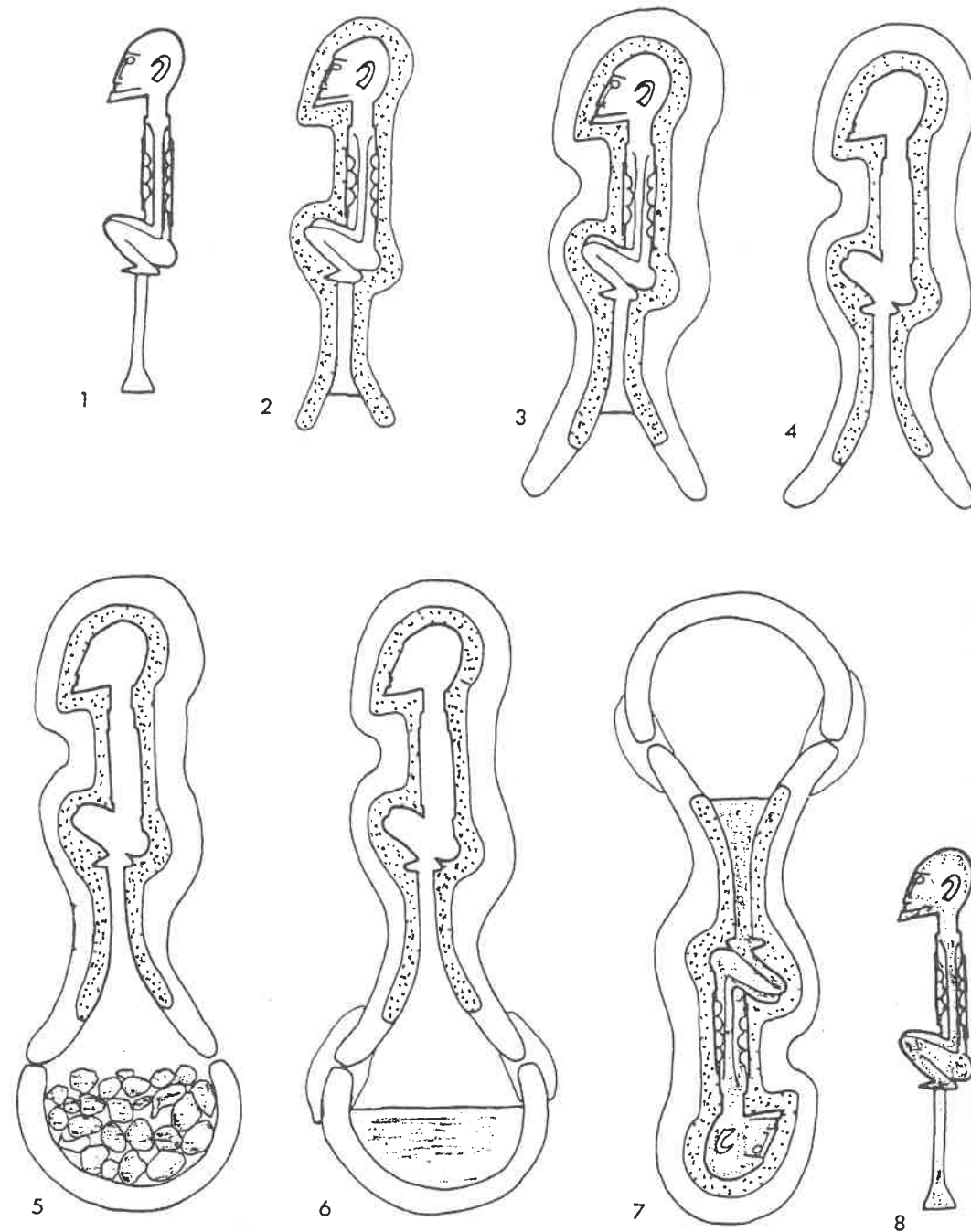


Abb. 11: Schema zum Wachausschmelzverfahren im geschlossenen System:
 1) Wachsmodell mit Gußkanal. 2) Erste Schicht der Gußform. 3) Zweite Schicht, Gußtrichter angeformt. 4) Wachausschmelzen. 5) Tiegelteil mit Bruchmetall. 6) Tiegelteil und Gußform verbunden durch Tonmantel, geschmolzenes Metall im Tiegelteil. 7) Drehen des geschlossenen Systems (Tiegel und Gußform); das Metall fließt in die Gußform. 8) Gußstück mit Gußkanal.

sobald die nun austretende gelbgrüne Stichflamme (Zink) zurückgeht. Nun wird die Form nach kurzem Schwenken zügig aber nicht hektisch gedreht, wodurch das flüssige Metall in den Hohlraum fließt. Die beiseite gestellte Form wird nach kurzer Zeit mit Wasser abgeschreckt, damit sich zum einen keine Oxydschicht bildet und zum anderen ein homogenes Metallgefüge entsteht. Die Form sollte erst nach dem Erkalten zerschlagen werden, da Messing ebenso wie Bronze in heißem Zustand sehr spröde ist und das Gußstück zerbrechen könnte. Bei heißem Ofen geht das Gießen relativ rasch, so daß mehrere Formen hintereinander gegossen werden können. Mit einer Schaufel muß die Ofenkammer etwas ausgeräumt werden, damit die neuen Formen Platz finden und erneut mit Holzkohle umgeben werden können.

Beim Erhitzen der geschlossenen Form im Holzhohlefeuer entsteht durch das Verbrennen der organischen Formbestandteile eine reduzierende Atmosphäre, da die Oxidation des verflüssigten Schmelzgutes vermindert. Somit wird ein nahezu oxidfreies Gießen ermöglicht.

Nachbehandlung

Der mechanischen Nachbearbeitung dienen Hammer, Punzen, Meißel, Säge, Feile, Stichel, Sandpapier, Schleif- und Poliermittel. Zum Reinigen und Färben verwendet man Färbebäder, Schwefelleber und Säuren. Salz, Zitrone und Tamarinde oder Al-aunlösung sind gut zum Beizen geeignet. Der Gußkopf und die Kanäle werden nach dem Erkalten abgetrennt. Durch Meißeln, Feilen, Schleifen oder Oberflächenbehandlung durch Färbebäder wird das fertige Objekt nachbearbeitet. Zum Schleifen eignen sich auch Schleifsteine oder angefeuchtete Holzplatten, die mit feinem Sand, Asche oder Holzkohle als Schleifmittel behaftet sind.

In dem hier beschriebenen Verfahren wurde unter anderem der oben genannte Scheibenring gegossen. Für das Wachsmodell wurden Wachsdrähte umeinandergelegt, die sich mit etwas Petroleum gut

aneinander kleben ließen (Abb. 5). Anschließend wurden dünne Wachsplättchen und schlangenförmig gebogene Drähte an den Enden angebracht. Das Modell aus Drähten und zentralem Ring wurde mit vier Angüssen bzw. Gußkanälen versehen, die leider nicht richtig (nicht in Fließrichtung des einzugießenden Metalles), plaziert waren (Abb. 8). Trotzdem ist der Ring fast vollständig ausgeflossen (Abb. 9). Die Gießtechnik im geschlossenen System, bei der in der ersten Schicht fein mahlener Ton mit Holzkohlestaub verwendet wird, eignet sich also hervorragend für dünnwandige Gußobjekte mit verzierten Oberflächen oder aus Wachsfäden.

Anmerkungen:

- 1) Siehe auch die Beiträge von D. Jantzen und K. Hedegaard in diesem Band.
- 2) Beispielsweise sind im Museum für Völkerkunde Frankfurt/M. Werkstattinventare und Fotodokumentationen der Techniken von afrikanischen Eisenschmiedern (CELIS 1991) und Goldschmiedern (SCHUNK 1991) vorhanden.
- 3) Da den „Beiträgen zu Allgemein und Vergleichenden Archäologie“ 1994 eine ausführliche Dokumentation zu diesem Thema zum Druck vorliegt, wird hier auf eine eingehende Beschreibung verzichtet. Zusammenfassend dargestellt in (ARMBRUSTER 1993d).
- 4) Ausgeführt im Juli 1992 in Zusammenarbeit mit Max Fröhlich, Zürich, der als erfahrener Gold- und Silberschmiedemeister mit Goldgießern in Ghana und Bronzegießern in Kamerun arbeitete (FRÖHLICH 1979 u. 1981).

Literatur:

- ARMBRUSTER, B.R. (1992): Goldbergbau in Mali. Traditionelle Goldgewinnungsmethoden in Westafrika. Der Anschnitt 44 (3) 70-79.
- DIES. (1993): A study on lost wax casting processes in Mali and Burkina Faso (Western Africa). Workshops and casting techniques as ethno-archaeological demonstration material. Antiche officine del bronzo. Materiali, strumenti, tecniche. Atti del seminario di studi ed esperimenti, Murlo, 26.-31.7.1991. Siena 153-164.
- DIES. (1993): Goldschmiedekunst in Mali (Westafrika). Goldschmiede- und Uhrmacherjahrbuch 1993. Stuttgart 52-73.

- DIES. (1993): Instruments rotatifs dans l'orfèvrerie de l'Age du Bronze de la Péninsule Ibérique. Nouvelles connaissances sur la technique des bracelets du type Villena/Estremoz. Actas do I. Congresso de Arqueologia Peninsular, Porto 12.-18.10. Vol. I. Trabalhos de Antropologia e Etnologia, Vol. 33 (1-2) 265-283.
- DIES. (1993): Ethnoarchäologische Untersuchungen zum Metallhandwerk - Gelbguß, Bergbau und Goldschmiedetechniken als Analogien zu prähistorischer Metallverarbeitung. Ethnoarchäologie - Ansätze und Forschungsstand im deutschsprachigen Raum. Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 34, 284-310.
- BORN, H. (1985): Archäologische Bronzen im Röntgenbild. H. Born (Hrsg.), Archäologische Bronzen, antike Kunst, moderne Technik. Berlin 112-125.
- BREPOHL, E. (1987): Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst. Wien; Köln; Graz
- CELIS, G. (1991): Eisenhütten in Afrika. Beschreibung eines traditionellen Handwerks. Museum für Völkerkunde Frankfurt, Sammlung 6. Frankfurt
- CLINE, W. (1937): Mining and metallurgy in negro Africa. Menasha
- DRESCHER, H. (1957): Der Bronzezeit in Formen aus Bronze. Versuche mit originalgetreuen Nachbildungen bronzezeitlicher Gußformen aus Niedersachsen. Die Kunde NF 8 (1-2) 52-75.
- DERS. (1958): Der Überfangguß. Ein Beitrag zur Geschichte der Metalltechnik. Mainz
- DERS. (1980): Zur Technik der Hallstattzeit. Die Hallstattkultur. Steyr 54-66.
- DERS. (1985/86): Drehbank und Drechselei. Stichworte in: Reallexikon der Germanischen Altertumskunde, Bd. 6, 154-171.
- FORBES, J. (1964): Studies in ancient technology 8. Leiden
- FORMIGLI, E. (1993): Ricostruzione sperimentale di un mantice greco del V sec. a.C. Antiche officine del bronzo. Materiali, strumenti, tecniche. Atti del seminario di studi ed esperimenti, Murlo, 26.-31.7.1991. Siena 109-108.
- FRÖHLICH, M. (1979): Gelbgießer im Kameruner Grasland. Museum Rietberg Zürich
- DERS. (1981): Zur Technik des Goldgusses der Ashanti (Ghana). In: E. Fischer u. H. Himmelheber. Das Gold in der Kunst Westafrikas. Museum Rietberg Zürich 43-58.
- FRÖHLICH, M. u. R. (1974): Benvenuto Cellini. Abhandlungen über die Goldschmiedekunst und die Bildhauerei. Basel
- GARRARD, T. 1989: Afrikanisches Gold. München
- GARENNE-MAROT, L. (1985): Le travail du cuivre dans l'Egypte pharaonique d'après les peintures et les bas-relief. Paléorient 11 (1) 1985, 85-100.
- GOEBBELS, J., H. Heidt, A. Ketschau u. P. Reimers (1985): Fortgeschrittene Durchstrahlungstechniken zur Dokumentation antiker Bronzen. H. Born (Hrsg.), Archäologische Bronzen, antike Kunst, moderne Technik. Berlin 126-131.
- GÖTZE, A. (1912): Die Technik gegossener Bronzeketten. Montelius-Festschrift. Stockholm
- GOULD, R.A. u. P.J. Watson (1982): A dialogue on the meaning and use of analogy in ethnoarchaeological reasoning. Journal of Anthropological Archaeology 1, 355-382.
- GOWLAND, W. (1899): The early metallurgy of copper, tin and iron in Europe, as illustrated by ancient remains, and the primitive process surviving in Japan. Archaeologia (London) 56 (2), 267-322.
- HERBERT, E. (1984): Red gold of Africa. Copper in precolonial history and culture. Wisconsin
- JANTZEN, D. (1991): Versuche zum Metallguß der nordischen Bronzezeit. Experimentelle Archäologie in Deutschland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6, 305-316.
- DERS. (1994): Quellen zur Metallverarbeitung im Nordischen Kreis der Bronzezeit. ms. Dissertation Kiel
- JUNGHANS, S., E. Sangmeister u. M. Schröder (1960): Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa. SAM 1, Berlin 1960.
- DIES. (1968): Bronze in der frühen Metallzeit Europas. SAM 2, Berlin
- JÜNGST, H. (1981): Wesen und Wandlungen des Chrysocolla-Begriffs. Studien zur Geschichte und Technologie antiker und mittelalterlicher Reaktionslote. Frankfurt
- DERS. (1982): Zur Interpretation einiger Metallarbeiterszenen auf Wandbildern ägyptischer Gräber. Göttinger Miscellen 59, 15-27.
- KRAPP, H. (1993): Über Metalle in Bibeltexten. RADEX-Rundschau 3/4, 421-436.
- LARSEN, B. (1987): SEM-identification and documentation of tool marks and surface textures on the Gundestrup Cauldron. In: Recent Advances in the Conservation and Analysis of Artifacts. London 393-409.
- LOWERY, P.R., R. D. A. Savage u. R. L. Wilkins (1971): Scriber, graver, scorer, tracer: notes on experiments in bronzeworking technique. Proceedings of the Prehistoric Society 37, 167-182.
- MEEKS, N.D. (1987): Artifacts, surfaces and the SEM. In: Recent Advances in the conservation and Analysis of Artifacts. London 409-410.
- MOORE, D.T. u. W.A. Oddy (1985): Touchstones: some aspects of their nomenclature, petrography and provenance. Journal of Archaeological Science 12 (1) 59-80.
- MÜLLER, S. (1877): Zur Bronzealter-Frage. Notizen zu den Gegenbemerkungen der Herren Professoren Genthe, Lindenschmidt und Hostmann. Archiv für Anthropologie 10, 1877, 10-40.
- MULLENS, W. (1973-74): Java (Indonesien): Messingguß in „verlorener Form“. Begleitveröffentlichung von K. R. Wernhart. Publikationen zu wissenschaftlichen Filmen, Sektion Völkerkunde, Volkskunde 4, Institut für den wissenschaftlichen Film Göttingen 94-102.
- NICOLAISEN, J. (1962): Afrikanske smede. Kulturhistoriske og sociologiske problemer belyst ved studier hos Tuaregerne og ved komparativ analyse. Kulm 33-79.
- ODDY, W.A. u. J. Swaddling (1985): Illustrations of metalworking furnaces on greek vases. British Museum Occasional Papers No. 48, 43-57.
- PEREA, A. (1991): Orfebrería prerromana. Arqueología del oro. Madrid
- PIETZSCH, A. (1964): Zur Technik der Wendelringe. Arbeits- u. Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 4, Berlin
- DERS. (1968): Rekonstruktionen getriebener Bronzegefäße. Arbeits- u. Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege 18, 105-127.
- PINGEL, V. (1992): Die vorgeschichtlichen Goldfunde der Iberischen Halbinsel. Eine archäologische Untersuchung zur Auswertung der Spektralanalysen. MF 17, Berlin
- RØNNE, P. (1991): Forsøgsarkæologi og bronzealderens ornamentik. Experimentel archaeology and bronze age ornamentation. Eksperimentel Arkæologi. Studier i teknologi og kultur. nr.I. Lejre 31-49.
- RUTHENBERG, K. (1985): Entwicklung der Bronzeanalyse von den Anfängen bis zur Gegenwart. In: H. Born (Hrsg.), Archäologische Bronzen, antike Kunst, moderne Technik. Berlin 190-197.

- SCHEEL, B. (1989): Egyptian metalworking and tools. Shire Egyptology. Aylesbury
- SCHUNK, T.(1991): Gold aus Mali. Mit einem Beitrag von B. Armbruster. Roter Faden zur Ausstellung 18. Museum für Völkerkunde Frankfurt (Main). Frankfurt
- SCOTT, D.A. (1991): Metallography and microstructure of ancient historic metals. The J. Paul Getty Museum Trust. London
- TYLECOTE, R.F. (1970): The composition of metal artifacts: a guide to provenance. Antiquity 44, 19-23.
- ZIMMER, G. (1982): Antike Werkstattbilder. Bilderhefte der Staatlichen Museen Preussischer Kulturbesitz Berlin 42, Berlin
- DERS. (1985): Schriftquellen zum antiken Bronzezeit. In: H. Born (Hrsg.), Archäologische Bronzen, antike Kunst, moderne Technik. Berlin 38-49.

Anschrift der Verfasserin:

Barbara R. Armbruster M.A.
Seminar für Vor- und Frühgeschichte
Arndtstr. 11
D-60325 Frankfurt a.M.

Arbeiten mit Lindenbast, Binse und Birkenrinde

Margit Späth-Pleyer und
Robert Pleyer

Jungsteinzeitliche Schnur- und Gewebereste zählen zu den besonderen Funden in den Seeufer- und Moorsiedlungen. Nur im moorigen Grund bleiben Gewebeteile, Netz- und Schnurreste erhalten. Unter diesen Funden stellen Bastreste von Linde und Eiche die häufigsten Fasern dar. Die langen Bastfasern dieser Baumarten eignen sich besonders zum Drehen von Fäden. Bast diente verschiedenen Zwecken. So wurde dieser Werkstoff zu Körben und Matten verflochten, aber auch zu Schnüren verarbeitet. In den Feuchtbodensiedlungen der Schweiz wurden Bastfäden bis zu 1mm Durchmesser gefunden. Anscheinend fällt es auch Botanikern schwer, Bast- von Flachsfäden zu unterscheiden (Körper-Grohne).

Gewinnung und Verarbeitung zu Lindenbast

Als Bast bezeichnet man die faserige Schicht eines Baumstammes zwischen Borke und Zellschicht. Durch sie wird Nahrung in Äste, Zweige und Blätter transportiert. Nach einiger Zeit wird diese wiederum zu einem Teil der Borke. „Im Frühling, wenn der Baumsaft und das Wachstum die Bastschicht weich machen, können lange Streifen vom Baum gelöst werden“ (RAST, 1990). Mit dieser Art der Bastgewinnung hatten wir nur wenig Erfolg. Bei unseren Versuchen ließ sich die Rinde

nicht in langen Bahnen abziehen. Bereits nach dem Ablösen von höchstens 20 cm brach die harte Borke und mit ihr der Bast (unabhängig von der Jahreszeit). Bei der Bastgewinnung kam uns letztendlich der Zufall zu Hilfe. Der gewaltige Sturm „Wibke“ hatte im Wald eine Linde entwurzelt. Da der Baum nicht sofort weggeräumt wurde, sondern an Ort und Stelle noch ungefähr ein Jahr liegen blieb, konnte man im Frühjahr des darauffolgenden Jahres folgendes beobachten: Die Borke mitsamt der Bastschicht löste sich merklich vom Splintholz. An manchen Stellen war die Rinde aufgebrochen und der Bast quoll hervor. Rinde und Bast konnten mühelos in langen Bahnen vom Stamm abgezogen werden. Die Bastschicht selbst hatte sich größtenteils in feine Schichten zerlegt, so daß dünne Baststreifen beliebiger Breite gewonnen werden konnten. Der Rest des noch an der Borke haftenden Bastes wurde, um den Ablöseprozess zu beschleunigen, für ca. 2 Wochen in einen Bach gelegt.

Anders als bei der Leinenverarbeitung erwies es sich als günstig die dünnen Baststreifen möglichst nicht in die einzelnen Fasern zu zerteilen, da darunter die Reißfestigkeit des gedrehten Fadens später leidet.

Ein Faden bzw. eine Schnur entsteht, wenn zwei Baststreifen, jeder für sich, gedreht und ineinander verzwirrt werden. Dieses Drehen und Verzwirnen in einem Arbeitsgang kann in den Händen, aber auch über dem Oberschenkel ausgeführt werden. Es erwies sich als günstig, die Baststreifen leicht angefeuchtet zu verarbeiten. Ohne große Mühen konnten die Verfasser Bastfäden mit dem Durchmesser von 1mm und Schnüre verschiedener Dicke herstellen.

Herstellung von Schnüren aus Binse

Bei der Beschreibung der Ausrüstungsgegenstände des Gletschermanns ist immer wieder die Rede von Grasschnüren. So ist eine „Grasschnur an der Gürteltasche an-

geknotet, an der vermutlich der Dolch hing, um den Knäuf des Dolches ist eine Grasschnur gewunden, die aus Baststreifen feingeknüpft Scheide ist seitlich mit einer Grasschnur vernäht. Das Obergewand ist unbeholfen mit Grasschnüren geflickt. Fäden und Schnüre bestehen aus pflanzlichem Material, überwiegend aus Gräsern und nur zu einem geringen Teil aus Bast.“ (SPINDLER, 1993). Eine nähere Bestimmung der verwendeten Gräser steht noch aus.

Das Ausgangsmaterial für Schnüre muß reißfest, biegsam und elastisch sein. Wegen dieser Eigenschaften werden seit langem verschiedene Binsenarten, Riedgräser und Stroh zum Flechten verwendet.

Zur Herstellung von Grasschnüren wurden in diesen Versuchen größtenteils Binsen (Flatter-Binse, *Juncus effusus*) und verschiedene Seggenreiser verwendet. Diese Pflanzen wachsen auf Naß- und Moorwiesen und waren für die Verfasser noch leicht zu beschaffen. (Die Trockenlegung von Feuchtwiesen drängt auch diese weitverbreitete Pflanze mehr und mehr zurück). Die Binsen und Seggenreiser wurden mit ungeschäfteten Altheimer Sichelblättern aus *Plattensilex* geerntet. Diese Sichelblätter werden auch als Schilfmesser bezeichnet. Die sehrschönen, flächenretouchierten Kerngeräte findet man in vielen endneolithischen Siedlungen zwischen Bodensee und Böhmen. Aus dem berühmten Abbaugelände von Baiersdorf im Altmühltal stammt das Ausgangsmaterial.

Dieses Silxmaterial wurde auch für die Herstellung der in den Versuchen verwendeten Sichel verwendet. Mit Hirschgeweihhämmern wurden die Platten in Form geschlagen. Die Bearbeitung erfordert Übung und Materialerfahrung. Die Binsen und Seggenreiser wurden mit ungeschäfteten Sichelblättern geerntet. Die Binsen sollten vor der Blüte geschnitten werden, da sonst die Binse an der Spitze verwelkt und brüchig wird.

Nach einer Trocknungszeit von ca. 3 Wo-

chen an einem dunklen, aber luftigen Ort, ließen sich damit strapazierfähige Schnüre in verschiedenen Dicken herstellen. Dazu wurden die Binsen leicht befeuchtet und mit Daumen und Zeigefinger glatt gestrichen. Brüchige Stellen konnten so erkannt und unbrauchbare Stengel aussortiert werden.

Zur Fadenherstellung werden zwei Binsen über Kreuz genommen und ineinander verhakt. Man bekommt vier gleich lange Enden. Diese nimmt man, je ein dickes und ein dünnes Ende in jede Hand. Nun werden die beiden Binsen der rechten Hand zweimal gedreht und über oder unter die Binsen in der linken Hand gelegt. Die Hände werden gewechselt und die Binsen der rechten Hand werden wieder gedreht.

Durch das Einlegen immer neuer Binsen kann auf diese Weise ein Endlosfaden gedreht werden. Der Durchmesser der Schnüre wird durch die Anzahl der verwendeten Binstengel variiert. Schnüre dieser Art können lange auch unter (modernen) extremen Bedingungen im Gebrauch bleiben. So fanden Binsenschnüre zum Befestigen von Pflanzen Verwendung im Treibhaus. Auch bei hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit wiesen die Schnüre noch nach Monaten eine hohe Reißfestigkeit auf.

Versuche mit verschiedenen Süßgräsern brachten nicht den erwünschten Erfolg, da die Halme dieser Pflanzen nach dem Trocknen und dem erneuten Befeuchten wenig elastisch sind. Die Knoten der Stengel sind eine vorgegebene Bruchstelle.

Herstellung von Birkenrindengefäßen

Bei den Ausrüstungsgegenständen des sensationellen Fundes von Similaungletscher befanden sich Reste zweier mehr als 20 cm hoher Gefäße aus Birkenrinde.

Ein Birkenrindengefaß war noch recht gut erhalten. Es ist aus nur einer rechteckig geschnittenen Rindenbahn gefertigt. An



Abb. 1: Binsen werden mit einer Altheimer Sichel geerntet.

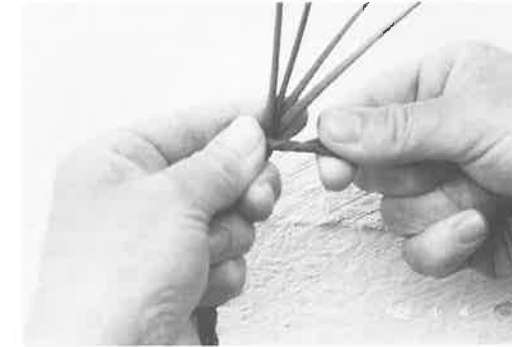


Abb. 2: Die Binstengel der rechten Hand werden zweimal gedreht und unter die Binsen der rechten Hand gelegt.



Abb. 3: Gedrehte Lindenbastschnur.



Abb. 4: Birkenrinde wird mit Messer aus Arnhofer Plattensilex abgelöst.



Abb. 5: Birkenrindengefaß. Mit einer Geweihahle werden die Löcher für die Naht gestochen.



Abb. 6: Verschiedene Birkenrindengefäße.

den Schmalseiten befindet sich jeweils eine Lochreihe. Der Gefäßunterteil ist ebenfalls in kurzen, regelmäßigen Abständen gelocht. Das Nähmaterial dieser einen Birkenrindenschachtel wird als dünner Baststreifen beschrieben. (SPINDLER, 1993, 112-116) Bekannt sind Rindenschachteln auch aus den Feuchtbodensiedlungen der Schweiz und Italien (Fiave); (PERINI, 1990).

Diese Technik der Gefäßherstellung dürfte bereits in den jägerischen Kulturen der Altsteinzeit angewandt worden sein (SCHLICHTERLE, 1986). Das Ausgangsmaterial der Rindengefäße dieses Versuches stellte Birkenrinde bereits gefällter Birken mit dem Stammdurchmesser von etwa 20 cm dar.

Wie bei der Linde ist die Gewinnung von brauchbaren Rindenbahnen von einer frischen Birke äußerst schwierig, während sich von mehrere Monate gelagerten Stämmen ohne große Mühe exakte rechteckige Bahnen abtrennen lassen.

Zur Herstellung von Birkenrindengefäßen benötigt man glatte, weiße Rinde ohne größere, schwarze Risse und ohne Astabzweigungen. Diese Rindenstücke sind nur in einem bestimmten Bereich des Birkenstammes zu finden (etwa Mittelbereich).

Um Rindenbahnen vom Stamm zu trennen wurden einfache Feuersteinmesser aus Arnhofner Plattensilex hergestellt - benutzt.

Diese Messer lassen sich ohne weitere Schäftung verwenden, um die Rinde längs und rings um den Stamm in der gewünschten Größe der Rindenbahn einzuschneiden. Die Messer aus Plattensilex konnten als eine Art Säge eingesetzt werden. Vorsichtig konnte die Rinde rund um den Stamm gelöst werden.

Die ersten Nähversuche wurden mit Knochenadeln durchgeführt. Als Nähmaterial diente Lindenbast und Binse. Diese Versuche verliefen unbefriedigend, da die Knochenadeln zum Durchstechen des zähen

Rindenmaterials zu schwach waren und abbrachen. Bei den weiteren Versuchen wurden die Löcher für die Naht mit einer Ahle aus Hirschgeweih vorgestochen. Die Rindenfasern der Birke verlaufen senkrecht zum Stamm. Aus diesem Grund ist darauf zu achten, daß die Löcher nach Möglichkeit nicht auf einer Faserlinie verlaufen, da sonst die Rinde leicht einreißt. (SPINDLER 1993, 115, Längsnaht in Zickzack).

Außerdem verlangt die Arbeit mit Knochenadeln eine andere Technik als man sie von der Arbeit mit Stahladeln gewöhnt ist. So erlaubt das wenig biegsame Knochenmaterial die Stiche beim Stilstich nur in einer Richtung, da sonst die Adeln leicht brechen.

Nach Fertigstellung der Gefäßwand wird der Boden zugeschnitten. Mit Schlingstichen wird Wand und Boden zusammengeñäht. Dabei ist vor allem beim Wandteil auf die unterschiedliche Lochhöhe zu achten, da sonst leicht die Rinde auf ganzer Breite durchreißen kann. Da die Nadelöse für das verwendete Nähmaterial groß genug sein muß, sind die Knochenadeln relativ dick. Dadurch muß der Lochabstand für die Naht sehr breit gehalten werden. Das hat zur Folge, daß das Gefäß nicht die richtige Stabilität und Dichte erhält.

Es wurden weitere Nähversuche nur mit Geweihahle und Nähgut unternommen. Der Lindenbast wurde dazu über den Oberschenkel gedreht und konnte so leicht durch die vorgestochenen Löcher geführt werden. Noch einfacher ist diese Arbeit, wenn als Nähgut Binse - vor der Blüte hat die Flatterbinse einen glatten sehr biegsamen Stengel - verwendet wird. Binse erweist sich bei diesen Arbeiten wiederum als sehr geschmeidiges und langlebiges Material. Die Pflanzenstengel werden wiederum getrocknet und anschließend leicht befeuchtet. Die Binse wird nicht gedreht, sondern zwischen Daumen und Zeigefinger nur leicht glatt gestrichen. Diese Arbeitsweise brachte zufriedenstellende Ergebnisse, da der Lochabstand der Naht verringert werden konnte.

Birkenrindengefäße eignen sich hervorragend zum Lagern von getrockneten Lebensmitteln wie Teeblätter und Pilze. Der Transport von Glut (SPINDLER, 115f.) verwundert sehr, da Birkenrinde und Birkenbast wegen des enthaltenen Betulin und Birkenöls sehr leicht entflammbar ist.

Wir sind es in unserer modernen Welt gewöhnt, Bindfäden aus dem nächsten Geschäft zu beziehen. Es braucht niemand mehr in die Natur zu gehen, um Gräser für eine Schnur zu holen. Kaum jemand macht sich Gedanken über Ausgangsmaterial und Verarbeitungsweise.

Für die Autoren brachte deshalb die Auseinandersetzung mit diesem Thema neue, oft überraschende Erfahrungen über die uns umgebende Pflanzenwelt.

Literatur:

- SCHLICHTERLE/WAHLSTER (1986): Archäologie in Seen und Mooren, Stuttgart.
SPINDLER/KONRAD (1993): Der Mann im Eis, München.
BORTENSCHLAGER, S. (1992): Erste Ergebnisse der Auswertung der vegetabilischen Reste vom Hauslabjochfund In: Höpfel, Frank/Platzer, Werner.
SPINDLER/KONRAD (1992): Der Mann im Eis, Band 1, Veröffentlichungen der Universität Innsbruck 187, Innsbruck .311.
EGG, M. (1992): Zur Ausrüstung des Toten vom Hauslabjoch, Gem. Schnalz (Südtirol) in: Höpfel, Frank/Platzer, Peter/Spindler, Konrad: Der Mann im Eis, Band 1, Veröffentlichungen der Universität Innsbruck 187, Innsbruck, 311.

- RAST, A. (1990): Die Verarbeitung von Bast, in: Die ersten Bauern 1, Schweizerisches Landesmuseum, 119ff.
KÖRBER-GROHNE, U. (1977): Botanische Untersuchungen des Tauwerks der Frühmittelalterlichen Siedlung Haitabu und Hinweise zur Unterscheidung der einheimischen Gehölzbaste. Berichte über die Ausgrabungen in Haitabu, Bericht 11. Neumünster.
PERINI, R. (1990): Manufatti in legno dell'età del Bronzo nel territorio delle Alpi meridionali; in: Die ersten Bauern 2, Schweizerisches Landesmuseum, 257f.

Anschriften der Verfasser:

Margit Späth-Pleyer
Martinigasse 1
94259 Kirchberg

Robert Pleyer
Landesamt f. Denkmalpflege
Sigmund-Schwarz-Str. 4
84028 Landshut