

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE IN DEUTSCHLAND

Bilanz 1997

gentum

ahl-

tu-

iseum

Beiheft 19 · 1998

Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE
BILANZ 1997

ARCHÄOLOGISCHE MITTEILUNGEN AUS NORDWESTDEUTSCHLAND
BEIHEFT 19

Herausgegeben von Mamoun Fansa
Staatliches Museum für Naturkunde und Vorgeschichte Oldenburg

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE BILANZ 1997

Symposium
in
Bad Buchau
Federsee Museum
Oktober 1996



Pfahlbaumuseum 5/98
Unteruhldingen

Inv. Nr. 20743

Direktexp. für
TIEH VI

1998
ISENSEE VERLAG - OLDENBURG

Gefördert mit Mitteln des Landes Niedersachsen

Bearbeitung und Redaktion: Prof. Dr. Mamoun Fansa, Sabine Heinrichs
Textverarbeitung und Satz: Anke Buschkamp, Ute Eckstein

Umschlagfotos: Dieter Todtenhaupt

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

[Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland / Beiheft]

Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland. Beiheft. - Oldenburg : Isensee

Früher Schriftenreihe 17 (1996) u.d.T.:

Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland / Beiheft

Reihe Beiheft zu: Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland

19. Experimentelle Archäologie 1997. Symposium in Bad Buchau,

Federsee-Museum, Oktober 1996. - 1998

Experimentelle Archäologie : Bilanz ... - Oldenburg : Isensee

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

Früher begrenztes Werk in verschiedenen Ausg.

1997. Symposium in Bad Buchau, Federsee-Museum, Oktober 1996. - 1998

(Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland : Beiheft ; 19)

ISBN 3-89598-508-2

© 1998 Isensee Verlag, Oldenburg - Alle Rechte vorbehalten
Gedruckt bei Isensee in Oldenburg

Inhalt

Andreas Willmy

Trübe Quellen?

– Anmerkungen zu Lex Alamannorum und Lex Baiwariorum als Hilfsmittel für die Rekonstruktion ländlicher Bauten der Alamannen und Baiuwaren

7

Ulrich Bauer

Die Entwicklung von Anbauverfahren im Ackerbau

21

Manfred Rösch

Anbauversuch zur (prä-)historischen Landwirtschaft im Hohenloher Freilandmuseum Schwäbisch Hall-Wackershofen

35

Hans-Peter Stika

Bodenfunde und Experimente zu keltischem Bier

45

Michael Strobel

Zur Rekonstruktion von Kuppelöfen und Herdstellen in den Aichbühler und Schussenrieder Feuchtbodensiedlungen Oberschwabens nach alten und neuen Befunden

55

Wulf Hein, Joachim Hahn

Experimentelle Nachbildung von Knochenflöten aus dem Aurignacien der Geissenklösterle-Höhle

65

Donja Malhotra

Zur Rekonstruktion der Fußbekleidung des Mannes vom Tisenjoch

75

Petra Schweizer

Holzbearbeitungstechnik als Gegenstand archäologischer Forschung – Ein Beitrag zur Forschungsgeschichte

89

Klaus Löcker, Johann Reschreiter

Rekonstruktionsversuche zu Bastschnüren und Seilen aus dem Salzbergwerk Hallstatt

125

Gudrun Böttcher

Nadelbindung

– Typ I mit vielen Variationsmöglichkeiten

133

Martin Trachsel

Ein tragbarer Giesserofen aus dem Legionslager von Vindonissa – Beschreibung, Rekonstruktion und Experiment

141

Gunter und Gudrun Böttcher

Anmerkungen zum Brennen slawischer Irdenware und zu den magernden Massezusätzen bei der slawischen und frühdeutschen Kochgefäßherstellung 157

Annelies Goldmann

„A Good Yarn!“ Archäologische und Historische Forschungen zur mittelalterlichen Tuchindustrie von Flandern 161

Dieter Todtenhaupt, Andreas Kurzweil

Bericht der Arbeitsgruppe Chemische Arbeitsverfahren auf der Tagung der Experimentellen Archäologie im Federsee-Museum, 26./27.10.96 165

Trübe Quellen? – Anmerkungen zu Lex Alamannorum und Lex Baiwariorum als Hilfsmittel für die Rekonstruktion ländlicher Bauten der Alamannen und Baiuwaren

Andreas Willmy

Wer ländliche Bauten des frühen Mittelalters im Raum südlich der Mittelgebirge rekonstruieren will, hat es schwer, denn es fehlt hier allenthalben an Befunden des Aufgehenden; selbst die Laufhorizonte sind in der Regel nicht mehr vorhanden, so daß fast ausschließlich die mehr oder weniger gut erhaltenen Pfostengrundrisse oder Wandgräbchen als Basis für Rekonstruktionen dienen können.¹ Diesem Mangel stehen mit der Lex Alamannorum (LAI) und vor allem mit der Lex Baiwariorum (LBai) zwei noch vorkarolingische Quellen gegenüber, die vergleichsweise ausführliche Angaben zu Haus und Hof enthalten. Es ist daher nicht verwunderlich, daß sie seit langem, auch lange schon bevor archäologische Funde verfügbar waren, für Rekonstruktionen von Haus und Hof herangezogen wurden.²

Da diese Texte vermutlich nicht allgemein geläufig sind, sollen sie zunächst kurz vorgestellt werden. Bei den Datierungsangaben muß dabei klar unterschieden werden zwischen der Entstehungszeit einer Textfassung und derjenigen der Handschrift selbst, denn es handelt sich hier durchgängig um Abschriften; so könnte, je nach dem Alter der benutzten Vorlage, auch eine relativ junge Handschrift sehr alte Texte enthalten.

Genaugenommen haben wir es mit zweieinhalb verschiedenen Texten zu tun:

1. Mit der LBai.³
2. Mit der LAI⁴ und zu 2¹/₂ mit dem Pactus Legis Alamannorum,⁵ kurz Pactus (PA) genannt.

Der PA gilt als ältere Redaktion der LAI, sein Wortlaut dürfte der ersten Hälfte des 7. Jhdt. entstammen. Er ist als selbständiger Text nur in einer einzigen Handschrift (sog. „P 12“⁶) des frühen 10. Jhdt. in Form von vier Fragmenten (I-IV) erhalten; jedoch konnten eine Reihe von Bestimmungen, die sich am Schluß der rund ein Jahrhundert jüngeren LAI finden, als PA-Relikte identifiziert werden (sog. „Fragment V“⁷) und sind damit, wenn auch sprachlich überarbeitet, weit häufiger überliefert.⁸ Denn die LAI liegt in beinahe 50 Handschriften vor, ihre Textfassung dürfte im 2. oder 3. Jahrzehnt des 8. Jhdt. entstanden sein; ihre erhaltenen Handschriften reichen vom Ende des 8. bis ins 12. Jhdt. Die im Zusammenhang mit Hausrekonstruktionen am häufigsten zitierte Stelle des PA ist folgende (P 12, n. ECKHARDT 1958, 132-135):

„(XXVIII)

(1) *Si canis alterius hominem occiderit, medium wiregildum solvat.*

(28.)

§ 1. Wenn eines andern Hund einen Mann tötet, zahle man das halbe Wergeld.

(2) *Et si totum wiregildum queret, omnes (u)stias suas re(s)erret; per unum intret semper et exiet. Et de illo limitario nove pedes canes ipsius pendatur [in LAI (Fragm. V): suspendatur]; et dum usque totus putriscet et ibi putridus cadet et ossa ipsius ibi iacent, per alium ustium ne intret nec exiet. Et si can(e) ipsum inde iactaverit aut per alium ustium intrat in casa sua, wiregildum ipsum ei reddat.*

§ 2. Und wenn eine(r) das ganze Wergeld begehrt, verriegele er alle seine Türen; durch eine trete er immer ein und gehe er hinaus. Und neun Fuß über jener Schwelle werde dessen Hund gehängt; und solange bis er ganz verwest und dort verwesend abfällt und seine Knochen dort liegen, trete er nicht durch eine andre Tür ein noch gehe er hinaus. Und wenn er diesen Hund von dort wegschafft oder durch eine andre Tür in seine Behausung eintritt, gebe er ihm dieses Wergeld zurück.“

Daraus werden in der Regel drei Dinge abgeleitet:

1. *Casa* als Bezeichnung für das (Wohn-)haus des PA.
2. Das *casa* weist mehrere verschließbare Türen mit Schwellen auf.
3. Die Wandhöhe beträgt (mindestens) 9 Fuß.

Gegen die ersten beiden Punkte ist wenig einzuwenden, wohl aber gegen den letzten. Obgleich diese Stelle offenbar stets so übersetzt wurde⁷, ist es mir nicht gelungen, einen einzigen Beleg in PA, LAI oder einschlägigen Nachschlagewerken ausfindig zu machen, der „(*sus-*)pendere de“ mit „aufhängen über“ oder überhaupt „de“ mit „über“ im räumlichen Sinne nahelegte; ersteres bedeutet „auf-“ oder „herabhängen (von)“ und „de“ heißt, zumal in PA und LAI, durchgehend „von“ im Sinne von „von ... her“, „von ... weg“ etc.⁸ Dies ergäbe aber nur dann einen Sinn, wenn dort „*superlimetare/ -limenare*“ o.ä. („Türsturz, Über-tür“)⁹ anstatt „*limetare/limenare*“ stünde, was aber in keiner der Textvarianten der Fall ist.¹⁰

So erscheint es m.E. schlüssiger, entsprechend dem sonstigen Sprachgebrauch nicht nur dieses Textes, mit „9 Fuß von jener Schwelle“ im Sinne von „von der Tür entfernt“ zu übersetzen und den Hund als

eine Art „Schandzeichen“ an einem Pfosten vor dem Haus aufzuhängen.¹¹ Damit wäre allerdings ein – bei näherem Hinsehen schon für sich nicht eben eindeutiger¹² – Zusammenhang mit der Wandhöhe nicht mehr gegeben.

Leider fehlt im PA die Passage mit den Bestimmungen zur nächtlichen Brandstiftung, die die Hauptstelle zu Haus und Hof in den Leges bildet. Die entsprechende Stelle der LAI (nach ECKHARDT 1966, Handschr.-Klasse A) lautet folgendermaßen:

„LXXVI.

1. *Si quis aliquem foco in nocte miserit, ut domus incendat seu et sala sua, et inventus et probatus fuerit, omnia, quid ibidem arsit, similem restituat et super haec 40 solidos conponat.*

76.13

1. Wenn jemand bei jemandem in der Nacht einen Brand anlegt, so daß er das Haus und/oder die *sala* anzündet, und ertappt und überführt wird, so erstatte er alles, was dort verbrannte, gleichwertig und büße überdies mit 40 Solidi.
2. *Si enim domus infra curte incenderit aut scuria aut granica vel cellaria, omnia similiter restituat et cum 12 solidis conponat.*
2. Wenn er aber ein Haus/Gebäude im Hof ansteckt oder eine *scuria* oder eine *granica* oder *cellaria*, dann erstatte er alles gleichwertig und büße mit 12 Sol.

LXXVII.

1. *Si quis stuba, ovilem, porcaritia domum aliquis concremaverit, unicuique cum 3 solidis conponat et similem restituat.*

77.

1. Wenn jemand *stuba*, Schafstall, „Schweinehaus“ einäschert, büße er ein jedes mit 3 Sol. und erstatte gleichwertig.

2. *Servi domum si incenderit, cum 12 solidis conponat et similem restituat.*
2. Wenn er das Haus eines Unfreien ansteckt, büße er mit 12 Sol. und erstatte gleichwertig.
3. *Scura servi si incenderit, cum 6 solidis conponat et similem restituat.*
3. Die *scura* des Unfreien wenn er ansteckt, büße er mit 6 Sol. und erstatte gleichwertig.
4. *Si enim spicaria servi incenderit, cum 3 solidis conponat, et si domino, cum 6, et similem restituat.*
4. Wenn er aber die *spicaria* des Unfreien ansteckt, büße er mit 3 Sol., und wenn die des Herren, mit 6 Sol., und erstatte gleichwertig.“

Erste Probleme kann hier schon die Auffassung des Textes selbst verursachen.¹⁴ Vor allem aber handelt es sich offensichtlich nicht um Beschreibungen von Gebäuden, sondern um eine Aufzählung von Gebäudebezeichnungen. Lediglich deren Funktionen ergeben sich, recht pauschal, aus den teils lateinischen, teils volkssprachig-germanischen Benennungen. So gelten *scuria* und *spicarium*, *cellarium* und *stuba* zwar als etymologische Urahnennamen von Scheuer und Speicher, Keller und Stube, war *granica* sicherlich ein Vorratsgebäude für Getreide,¹⁵ über tatsächliches Aussehen, Größe und Bauweise erfahren wir hier jedoch praktisch nichts.

Das Gesetz der Baiuvarii liegt in mehr als 30 Handschriften des 9.–16. Jhdts. vor, die älteste überlieferte Textfassung dürfte im zweiten Viertel des 8. Jhdts. entstanden sein. Hier sind die Bußbestimmungen zur Brandstiftung so ausführlich wie nirgends sonst (nach SCHWIND 1926):

- X. *De incendium domorum et eorum compositione*

1. *Si quis super aliquem in nocte ignem inposuerit et incenderit liberi vel servi domum, inprimis secundum qualitatem personae omnia aedificia conponat atque restituat et quicquid ibi arserit, restituat unaquaeque supellectilia. Et quanti liberi nudi evaserint de ipso incendio, unumquemque cum sua hreuauunti conponat. De feminis vero dupletur. Tunc domus culmen cum XL sol. conponat.*
- X. Vom Anzünden von Häusern und der Buße dafür¹⁶
 1. Wenn jemand bei jemandem in der Nacht ein Feuer anlegt und das Haus eines Freien oder Unfreien anzündet, büße er zunächst gemäß dem Stande der Person alle Gebäude und erstatte sie, und jegliches Hausgerät, was dort verbrannte, erstatte er. Und wie viele Freie unbekleidet von diesem Brand entkamen, büße er einen jeden mit seinem Wundgeld; bei Frauen aber werde es verdoppelt. Dann büße er den Dachfirst des Hauses mit 40 Sol.
 2. *De scuria vero liberi, si conclusa parietibus et pessulis cum clave munita fuerit, cum XII sol. culmen conponat.*
 2. Bei der *scuria* eines Freien aber, wenn sie mit Wänden eingeschlossen und mit Riegeln und Schloß gesichert ist, büße er den Dachfirst mit 12 Sol. *Si autem septa non fuerit, sed talis, quod baiuuri scof dicunt, absque parietibus, cum VI sol. conponat.* Wenn sie aber nicht umwandet [bzw. eingezäunt] ist, sondern in der Art, die die Baiuvari *scof* nennen, ohne Wände, büße er mit 6 Sol. *De illo granario, quod parc appellant, cum III sol. conponat.* Jenes *granarium*, das sie *parc* nennen, büße er mit 3 Sol. *De mita vero, si illam detegerit vel in-*

cenderit, cum III sol. conponat.

Bei einer *mita* aber, wenn er jene abdeckt oder anzündet, büße er mit 3 Sol. *De minore vero, quod scopar appellant, cum sol. conponat, et universa cum parilia restituat.*

Bei Minderen aber, die sie *scopar* nennen, büße er mit 1 Sol. und erstatte alles mit Gleichwertigem.

3. *De minoribus aedificiis. Si quis desertaverit aut culmen eiecerit, quod saepe contingit, aut incendio tradiderit, uniuscuiusque quod firstfalli dicunt, quae per se constructa sunt, id est balnearius pistoria coquina vel cetera huiusmodi, cum III sol. conponat et restituat dissipata vel incensa.*
3. Von kleineren Gebäuden. Wenn jemand eines verwüstet oder den First herabwirft, was oft geschieht, oder Brand anlegt, alles, was sie Firstfällung nennen, büße er ein jedes, das für sich gebaut ist, d.h. Bad- Back- Kochhaus oder ein anderes solches mit 3 Sol. und erstatte das Zerstörte oder Verbrannte.
4. *Si autem ignem posuerit in domo ita, ut flamma eructuat et non perarserit et a familiis liberata fuerit: unumquemque de liberis cum sua hreuaunti conponat, eo quod illos inunuuan, quod dicunt, in disperationem fecit vite fecerit; et non conponat amplius nisi tantum quantum ignis consumpserit.*
4. Wenn er aber Feuer an ein Haus legt, so daß die Flamme heraus schlägt, und es nicht abbrennt und durch die *familia* gerettet wurde, so büße er einen jeden Freien mit seinem Wundgeld, weil er sie in, wie sie sagen, „inunuuan“, in Furcht um ihr Leben also brachte; und weiter büße er nicht mehr als das Feuer verzehrte.
Ducalis vero disciplina integer permaneat.

Die herzogliche Strafe aber bleibe unangetastet.

Et si negare voluerit, de istis cum campione se defendat aut cum XII sacramentalibus iuret.

Und wenn er leugnen will, so verteidige er sich mit einem Kämpfer [d.h. Gottesurteil] oder schwöre mit 12 Eidhelfern. *De servorum vero firstfalli, uniuscuiusque ut manum recisam conponat.*

Hinsichtlich eines jeden Unfreien aber büße man die Firstfällung wie das Abschlagen einer Hand [?].

5. *Modo quia de domorum incensione sermo perfinitur, censemus incongruum non esse, ut de dissipatione domus aedificiorum conpositione edisseremus.*
5. Nun, da wir die Rede vom Anzünden der Häuser beendet haben, halten wir es nicht für unpassend, daß wir über die Gebäudebußen bei Zerstörung am Haus reden.
6. *Si quis delicti vel quolibet causa praesumptione vel inimicitia nec non et incuria aut certe hebitatione liberi culmen eiecerit, domini domus XL sol. conponat.*
6. Wenn jemand in verbrecherischer oder sonst irgendeiner Absicht, aus Vermessenheit oder Feindschaft oder auch Unachtsamkeit oder gewissem Unverstand den First eines Freien herabwirft, büße er dem Hausherrn 40 Sol.
7. *Si eam columnam a qua culmen sustentatur, quam firstsul vocant, XII sol. conponat.*
7. Wenn [er] die Säule, von der der First unterstützt wird, die sie „Firstsäule“ nennen, [umstürzt] büße er 12 Sol.
8. *Si interioris aedificii illam columnam eiecerit, quam winchilsul vocant, VI sol. conponat.*

8. Wenn er jene Säule des inneren Gebäudes umwirft, die sie „Winkelsäule“ nennen, büße er 6 Sol.
 9. *Ceterae vero huius ordinis conponantur cum III sol.*
 9. Die anderen aber dieser Reihe werden mit 3 Sol. gebüßt.
 10. *Exterioris vero ordinis columnam angularem cum III sol. conponat.*
 10. Die Winkelsäulen der äußeren Reihe aber büße er mit 3 Sol.
 11. *Illas alias columnas huius ordinis singulas cum singulis sol. conponat.*
 11. Jene anderen Säulen dieser Reihe büße er mit je 1 Sol.
 12. *Trabes vero singuli cum III sol. conponatur.*
 12. Die einzelnen Balken aber werden mit 3 Sol. gebüßt.
 13. *Exteriores vero, quas spangas vocamus, eo quod ordinem continent parietum, cum III sol. conponat.*
 13. Die äußeren aber, die wir *spangas* nennen, die die Reihe der Wände (zusammen-)halten, büße er mit 3 Sol.
 14. *Cetera vero, id est asseres laterculi axes vel quicquid in aedificio constructur, singula cum singulis sol. conponat.*
 14. Das Übrige aber, d.h. Latten, Ziegelsteine¹⁷, Bretter oder was im Gebäude verbaut ist, büße er mit je 1 Sol.
- Et si una persona haec omnia commiserit in alterius aedificio, amplius non cogatur solvere quam culminis deiectionem vel ea quae maiora huius commiserit criminis; minora huius personae non secuntur nisi tantum restituendi secundum legem.*
- Und wenn eine Person dies alles am Gebäude eines anderen begeht, werde sie nicht mehr zu zahlen gezwungen als für den Firstwurf oder für das, was sie größere Vergehen als diese begangen hat; kleinere (Vergehen) dieser

Person sind nicht zu verfolgen außer dem, was laut Gesetz zu erstatten ist.

Auch in diesem, viel ausführlicheren Text finden sich kaum brauchbare, wirklich beschreibende Hinweise¹⁸, sondern im Grunde nur eine weitere Differenzierung der Bezeichnungen: Zum einen werden einzelne Bauelemente des Hauses, teilweise auch mit ihrer (Haupt-)Funktion und ihrem Bezug zu anderen Bauteilen, benannt; zum anderen sind die Bezeichnungen für Nebengebäude vielfältiger und größtenteils andere als in der LAI – nur *scuria* und *granica* bzw. *granarium* kommen in beiden vor – und einige lateinische Begriffe werden auch in der Volkssprache glossiert.

Auch hier sind also eindeutige Angaben, wie man sich denn Aussehen oder Größe der aufgeführten Baulichkeiten konkret vorzustellen hätte, kaum zu gewinnen. Wiederum ist hauptsächlich ein eher pauschaler Verwendungszweck aus den Bezeichnungen zu entnehmen, nicht zuletzt mit Hilfe von Glossen aus anderen Texten.¹⁹

Neben das, wie eingangs erwähnt, mindestens seit Langenthal gepflegte Bestreben, allen Unsicherheiten zum Trotz dem Aussehen dieser Bauten näherzukommen,²⁰ trat mit den sich nun mehrenden archäologischen Baubefunden sogleich das Bemühen, diese den verschiedenen, aus ihren Benennungen erschlossenen Gebäudetypen der Leges zuzuordnen und die Rekonstruktionen des Aufgehenden an die jeweiligen Befunde anzupassen – mit teilweise höchst widersprüchlichen Ergebnissen. So wurde die *scuria*, da Ställe für Pferde und Rinder in LAI und LBai nicht erwähnt werden, von verschiedenen Autoren mit wechselnder Argumentation einmal zur Scheuer erklärt, ein andermal zum Stall oder salomonisch zur Stallscheune, das

Wohnhaus deshalb in entsprechender Ergänzung zum Wohnstall- oder reinen Wohnhaus.²¹ Ähnliches ließ sich oben (Anm. 18) bereits für die *scuria* ohne Wände, glossiert als *scof*, anführen.

Der Hintergrund solcher Divergenzen ist ein Dilemma: Die wenigen Angaben in den Leges betreffen vor allem das Aufgehende. Die Archäologie aber liefert Grundrisse, zu denen wiederum die Leges nichts mitteilen, wenn man von eher vagen Äußerungen absieht, etwa dem „inneren“ und „äußeren Haus“ der LBai oder daß Gehöfte aus Einzelbauten bestehen. Einer Ansprache der Grundrisse nach funktionalen Gesichtspunkten, wie dies gut erhaltene Feuchtbodenfunde im Nordseeküstenraum erlauben, steht südlich der Mittelgebirge die regelhafte Zerstörung der Laufhorizonte entgegen. Es fehlt somit schlicht an Möglichkeiten, einen archäologischen Befund auf direktem Wege mit einem Gebäude zu identifizieren, von dem wir nicht viel mehr als den Namen und die daraus abgeleitete Funktion kennen.

Entsprechend mußten diejenigen, die dennoch solches unternahmen, indirekte Methoden anwenden. Dazu wurde aus den unterschiedlich hohen Bußen für die Zerstörung mehr oder weniger direkt auf eine entsprechende Größen- und Soliditätsstaffelung der Gebäude geschlossen. Die so erstellte Abstufung übertrug man dann auf die verschiedenen großen und soliden Grundrisse im archäologischen Befund; eventuelle Feuerstellen ließen den betreffenden Bau zum Wohnhaus werden.²² Da solche Hinweise aber ob der erwähnten Befundlage selten sind, ist oft genug bereits eine Unterscheidung von Wohnhaus und Nebengebäuden unmöglich.²³

Nun richtet sich jedoch die Bußhöhe, in der LAI (77, 2-4: *liber/servus*) offensichtlich und in der LBai (X,1: *qualitas personae*)

explizit, auch nach dem Rang des Besitzers, denn die Bußen waren als eine Art Ablöse für die tätliche Rache am Übeltäter gedacht.²⁴ Es ist zwar offensichtlich, daß weniger aufwendige Bauten niedriger zu büßen waren als andere, dennoch entspricht die Bußhöhe nicht, wie gelegentlich zu lesen, dem Gebäudewert selbst,²⁵ denn der Schadenersatz war obligatorisch immer zusätzlich zur Buße zu entrichten (LAI: *et similem/similiter restituat*, LBai: *conponat et restituat* u.ä.). Damit aber und in Verbindung mit dem starren Schematismus der Bußstaffelung von (nur LBai: 1 sol. -) 3 - 6 - 12 - 40 sol. wird deren Bezug zu einer Abstufung von Grundriß- und Pfostenlochgrößenklassen im archäologischen Befund (auf die das geübte Verfahren praktisch hinausläuft) doch recht unsicher.

Nun wird niemand ernstlich bestreiten, daß Gebäuderekonstruktionen auf einem Grundriß ein gerüttelt Maß an Spekulation enthalten müssen,²⁶ was nach Lage der Dinge ebenso für solche Versuche auf der Grundlage der Legesinterpretation gilt. Ob die Verknüpfung dieser beiden Konstruktionen mit Hilfe einer dritten, nämlich der Bußstaffeln, tatsächlich ein wesentlich stabileres Ganzes ergibt, erscheint nicht nur angesichts der bisher erzielten, divergierenden Ergebnisse zumindest fraglich.

Hinzu kommen allgemeinere Probleme auf rechtshistorischem und textgeschichtlichem Gebiet.

So wird etwa in der jüngeren Forschung kontrovers diskutiert, inwieweit diese lückenhaften und in mancherlei Hinsicht wenig praktikablen Rechtsaufzeichnungen in einer Zeit der Mündlichkeit auch des Rechts überhaupt rechtspraktische Bedeutung haben konnten. Die Einschätzungen reichen vom tatsächlich gültigen und angewendeten Recht über den zwar

ernst gemeinten, aber letztlich unrealistischen Versuch einer wirklichen Rechtssetzung bis zum Repräsentationssymbol des fränkischen Herrscherhauses ohne Anspruch auf Praxisbezug oder dem fingierten Machwerk der Kirche zur Sicherung ihrer Stellung.²⁷ Immerhin machen es einige Anzeichen wahrscheinlich, daß die LBai zumindest mit der Zeit noch eher als die LAI Nähe zu praktischem Gebrauch und wirklichem Leben gewann.²⁸

Weiterhin hatte die ältere Forschung die Leges als im wesentlichen homogene Einheiten betrachtet, auch wenn sie externe Wurzeln einzelner Passagen (wie etwa langobardisches oder westgotisches Recht in der LBai) und verschiedene Redaktionsstufen (wie es der PA anzeigt) durchaus erkannt hatte. Es zeigt sich jedoch, daß immer weniger von einer – im übrigen auch nie einhellig akzeptierten – Einheitlichkeit der Texte ausgegangen wird. Statt dessen ist hier offensichtlich mit verschiedenen Textschichten zu rechnen, mit älteren Partien, Nachträgen und Einschüben bis hinunter auf die Ebene der einzelnen Titel und Paragraphen, denn mit den überlieferten Texten erfassen wir offenbar lediglich jüngere Redaktionsstufen, über deren Vorgänger wir nichts Sicheres wissen.²⁹ Die Erforschung der „inneren Stratiographie“ dieser Leges und hier speziell der Passagen zu Haus und Hof hat zum Teil noch gar nicht richtig begonnen. Wir wissen also nicht genau, welche Teile zu welcher Zeit wo, von wem und für wen³⁰ verfaßt wurden. Wir wissen somit auch nicht, welcher Herkunft, zeitlich wie räumlich, die Bilder waren, die die Verfasser der Passagen zu Haus und Hof jeweils vor Augen hatten.³¹ Wir müssen damit rechnen, hier die Verhältnisse unterschiedlicher Zeiten und Räume zusammengezogen zu finden. Dies bedeutet konkret, daß

etwa die Aufzählungen von Gebäudebezeichnungen nicht ohne weiteres als eine Art „Checkliste“ für die Ausstattung eines vollständigen Gehöftes betrachtet werden dürfen, sondern möglicherweise auch mundartliche Synonyme, landschaftlich verschiedenartige Gebäude gleicher Funktion oder ebenso verschiedene Funktionen in gleichnamigen Gebäuden umfassen. Bedenkt man, daß die Mehrzahl der LAI-Handschriften gar nicht aus Alamannien stammt, sondern aus dem Westfrankenreich, Burgund oder Oberitalien,³² so wird man vermeintlich alamannisches Lokalkolorit (das durchaus vorhanden sein mag) mit Skepsis betrachten. Etwas bodenständiger scheint es in der LBai zuzugehen,³³ obwohl auch dort die Passagen fremder Herkunft zur Vorsicht mahnen.

Ziel dieser Ausführungen war es, in gebotener Kürze auf einige Probleme aufmerksam zu machen, die die Brauchbarkeit der oberdeutschen Volksrechte als Hilfsmittel für Rekonstruktionen einschränken. Die Schwierigkeiten können auf unterschiedlichen Ebenen liegen, angefangen von reinen Übersetzungs- und Interpretationsproblemen des Textes über solche der Korrelation von literarischem und archäologischem Befund bis hin zu grundsätzlichen Fragen nach Entstehung, Zweck und tatsächlicher Bedeutung dieser Texte. Der speziell im Hinblick auf archäologische Fragestellungen unbefriedigende, von der Archäologie aber in aller Regel gar nicht rezipierte Stand der Erforschung des schriftlichen Quellenmaterials legt den Schluß nahe, daß die Archäologie sich vorläufig lieber auf sich selbst verlassen sollte, anstatt Überlegungen auf Grundlagen ungenügender oder unbekannter Qualität anzustellen. Zumindest darf, wer sich dennoch dieses Materials bedienen will, den Aufwand nicht scheuen, sich

etwas näher mit den zugehörigen Wissenschaften zu befassen. Dies hätte hoffentlich auch den Effekt, daß die Archäologie dann gezielte, „quellen- und methodengerechte“ Fragen³⁴ an die Mediävistik stellen könnte; deren Beantwortung trüge sicherlich zur besseren und gezielteren Erschließung dieser und anderer Schriftquellen für die Erforschung frühmittelalterlicher Lebenswirklichkeit bei.³⁵

Anmerkungen

- 1 Reste des Aufgehenden sind nicht nur spärlich vorhanden, sondern auch oft nur in kurzen Vorberichten publiziert und stammen zudem meist von eher untypischen Bauten, so etwa die dendrodatierten Fundstellen Dasing, Kr. Aichach-Friedberg (Wassermühle, nur Vorbericht), CZYSZ 1993; Erpfingen „Untere Wässere“, Kr. Reutlingen (Pfostenreste mit Bearbeitungsspuren), FEHRING 1970; Hagnau am Bodensee, Bodenseekr. (kleiner Pfahlbau im See), SCHÖBEL/BILLAMBOZ 1992; Winterbach, Rems-Murr-Kr. (Bau(?)-hölzer ohne Fundzusammenhang), SCHÄFER 1994; dazu Burgheim, Kr. Neuburg/Donau (Wandgräbchen mit Verfärbungen von Wandbohlen o.ä.), KRÄMER 1951/52, 203 Abb. 3; Ulm-Eggingen (wie Neuburg), KIND 1989, 292 Abb. 172; Ergolding „Gänsgraben“, Kr. Landshut (schwer deutbare kleine Holzbauten, nur knapper Vorbericht), ENGELHARDT 1986; Maladers „Tummihügel“, Kt. Graubünden/CH (Gebäudeplattformen am Steilhang), GAUDENZ (o.J.) 185-190; Embrach, Kt. Zürich/CH (Steinfundamente und Mörtelmischer, wohl zum Kloster gehörig), MATTER/WIGGENHAUSER 1994. Ein Thema für sich ist nicht selten die Datierungsgrundlage der Befunde.
- 2 Mein frühestes Beispiel ist hier LANGETHALS „Geschichte der deutschen Landwirtschaft“ von 1847, der „das Gehöfte der alten Teutschen zu den Zeiten Chlothars I. 558 nach Christus“ schilderte und sich hierzu der Volksrechte bediente. Ihm folgten eine ganze Reihe weiterer Autoren (z.B. HENNING 1882; HEYNE 1899; STEPHANI 1902; RHAMM 1908; GRUBER 1926; BECKER-DILLINGEN 1935; etc.). Aber auch angesichts der sich dann allmählich einstellenden archäologischen Befunde bediente man sich bis heute der Leges (etwa GEBHARD 1951; DÖLLING 1958; DANNHEIMER 1973; DIMT 1977; DONAT 1980; STORK 1991; BÖHM 1994; etc.).
- 3 Textausgaben s. Literaturverz., maßgeblich ist

SCHWIND 1926; dazu SIEMS 1978 (m. älterer Lit.); SCHMIDT-WIEGAND 1991 (m. Lit.); SCHOTT 1979, 40 f.; KOTTJE 1986 (dazu KROESCHELL 1990, 336 f.); HARTMANN 1988.

- 4 Textausgaben s. Literaturverz., maßgeblich, v.a. für die Titelzählung, ist LEHMANN 1888 bzw. der Nachdr. ECKHARDT 1966; Literatur wie unten zu PA, insbes. SCHOTT 1974 sowie KOTTJE 1987 (vgl. dazu SIEMS 1989).
- 5 Textausgaben s. Literaturverz.; dazu SCHOTT 1991; 1988, 78 f.; 1979, 39 f.; 1978 (Lit.); 1974, 135-41; ECKHARDT 1958, Vorwort. Zitat nach der zweisprachigen Ausgabe von ECKHARDT (1958), die auch die Zählung der LEHMANN/ECKHARDT-SCHEN Edition (1888/1966) mit aufführt.
- 6 SCHOTT 1978, 1879; ausführlich ECKHARDT 1958, Einleitung.
- 7 So mindestens seit GRIMM 1828, 665.
- 8 Zum Sprachgebrauch in PA und LAI selbst vgl. anhand des Wörterverz. von KÖBLER 1979, 4 f. und 25; KÖBLER 1983, 108 führt als ahd. Glossenübersetzung für „de“ u.a. die Nebenbedeutung „ubar“ an, die sich aber offenbar (vgl. KÖBLER 1971, 48 s.v. „de“) auf eine Stelle des Otfrid (III 20,75) bezieht, wo „über“ ebenfalls mit Akk. gemeint ist („über jemanden“). Für den allg. mittellalterlichen Sprachgebrauch vgl. HABEL 97 s.v. „de“; EBD. 280 s.v. „pendere“; EBD. 393 s.v. „suspendere“; NIERMEYER/KIEFT 1993, 783 s.v. „pendere“; EBD. 1009 s.v. „suspendere“; DUCANGE VI, 255 f. s.v. „pendere“; EBD. VII, 681 s.v. „suspendere“; EBD. III, 12 f. s.v. „de“-/- Zum Klass. und spätantiken Latein vgl. GEORGES II, 1547-1549 s.v. „pendeo“; EBD. 1549 s.v. „pendo“; EBD. 2977 f. s.v. „suspendo“; EBD. I, 1886-1889 s.v. „de“; THLL V,1, 46 s.v. „de“ (Z. 5-7); EBD. X,1, 1028-1036 s.v. „pendeo“, insbes. 1030 Z. 19, 49, 72, 1033 Z. 5, 1034 Z. 13, 1036 Z. 7 (die Lfg. mit „suspendere“ ist noch nicht erschienen).
- 9 So mehrfach als Glosse, z.B. STSG III, 180,25; 359,11; 383,64; 648,48.
- 10 Vgl. den Apparat in MERKEL 1863, ECKHARDT 1966 oder ECKHARDT 1958.
- 11 In der Grundidee ähnlich, wenn auch über der Tür hängend bei SPYCHER/ZAUGG 1986, 104 f. (Text), 107 (Abb.). Zu ma. Schandstrafen allg. z.B. HABERER 1990; Schild 1995; zu Bannzeichen u.a. SCHMIDT-WIEGAND 1978a, insbes. 76 f. und 150, dazu auch GRIMM 1828, 665 f. Im übrigen dürfte, selbst bei Annahme mittelalterlicher Indolenz solchen Dingen gegenüber, ein verfaulender Kadaver auch drei Meter vor statt in der Tür noch Zumutung genug für alle Hausgenossen gewesen sein.
- 12 So bleibt unklar, wie man sich diese unappetitliche Angelegenheit praktisch vorzustellen hätte, etwa ob sich dieses Maß auf den Aufhängepunkt oder das untere Ende des hängenden Tieres bezieht. Neun Fuß entsprechen ca. 2,7 m für

den röm. Fuß v. 29,6 cm (karol. Fuß: 33,29 cm) n. BINDING 1993; auch GEISLER 1993, Kap. E I 2 b, kommt bei seinen Berechnungen zur Metrik von allerdings bajuwarischen Häusern auf einen röm. Fuß von 29,5 cm, was, wollte man nicht knapp drei Meter hohe Türen oder Tore in der *casa* annehmen, für ein Aufhängen an der Wand über der Tür spräche. Befände sich diese Tür in einer Giebelwand, dann besagt das Maß nur, daß der Giebel des Wohnhauses – wenn der Hund tatsächlich an der Hauswand befestigt würde und nicht an einer sie überragenden Stange o.ä. – mindestens drei Meter erreicht (oder, wenn die Länge des Kadavers hinzuzurechnen ist, ca. fünf Meter Höhe bei etwa Schäferhundgröße, vgl. SCHÄFFER/DRIESCH 1983, 17 f.). Gleiches gälte entsprechend für die Höhe der Seitenwand, wenn der Eingang traufseitig angenommen würde oder rundum bei einem Walmdach. Selbst eine Wandhöhe von nur knapp drei Metern an der Traufseite eines allgemein als einstöckig angenommenen Hauses deutet schon auf einen recht stattlichen Bau. Tatsächlich ist dies ein Wert, der in Rekonstruktionsementwürfen auch dort, wo man die 9 Fuß Wandhöhe selbst propagiert, meist deutlich unterschritten wird (vgl. etwa LDA 1991, 24 und die Abb. ebd. Umschlags. 4).

- 13 Die deutsche Übersetzung orientiert sich an ECKHARDT 1934, jedoch mit kleineren Abweichungen; insbesondere wurden solche Begriffe, deren Übersetzung bereits eine strittige Interpretation darstellen müßte, nicht übersetzt.
- 14 So erlauben etwa Textvarianten und mehrdeutige Formulierung in LAI 76,2 unterschiedliche Auffassungen darüber, ob *domus infra curte* im Plural als Oberbegriff für die folgenden Bauten SCURIA, GRANICA und CELLARIA steht (SCHMIDT-WIEGAND 1978b, 32 f.; RIVERS 1977, 94) oder im Singular selbst Teil dieser Aufzählung ist (ECKHARDT 1934 in der oben abgedruckten Übersetzung).
- 15 *scuria*: SPLETT 1993 I,2, 853 s.v. „sciura, scūra“; KLUGE-MITZKA 1967, 644 s.v. „Scheuer“, 645 s.v. „Scheune“ und PFEIFER 1993, 1195 s.v. „Scheune“ führen jeweils zurück auf ein indogerm. Verb für „bedecken“. *Spicarium* (lat. *spica*, „Ähre“): KÖBLER 1983, 403 s.h.v.; PFEIFER 1993, 1318 f. s.v. „Speicher“. *Cellarium*: KÖBLER 1983, 62 s.h.v.; PFEIFER 1993, 648 s.v. „Keller“. *Stuba*: PFEIFER 1993, 1384 f. s.v. „Stube“; HÄHNEL 1975, bes. 13-15; 329. *Granica* (lat. *granum*, „Korn“): HABEL 170 s.h.v.
- 16 Zur dt. Übersetzung w.o. zur LAI (Anm. 13).
- 17 So auch SCHWIND 1926, 391, Anm. 2 oder DÖLLING 1958, 23. Ziegel aus entsprechenden Hausbefunden sind mir nicht bekannt, statt dessen die Gll. (Glossen, s. Anm.19) „laterculum scindala“ (StSG III 648,39; 13. Jhd.) und „laterculi scintilan“ (StSG III 1,20, Handschrift Ende 8.

Jhd.!), worin sich unschwer *scindula*, die Schindel (HABEL 355 s.h.v.) erkennen läßt – was betreffs der bislang geradezu kanonisch mit Stroh- oder Schilfdeckung rekonstruierten Bauvarenhäuser einiges bedeuten könnte. Immerhin hat sich die Archäologie hier anhand ihrer eigenen Befunde schon seit längerem von der Idee bajuwarischer Ziegel verabschiedet. Es sei betont, daß hinsichtlich der Gll. noch genauere Nachforschung nötig wäre, die im übrigen auch hinsichtlich der in teilweise überraschender Weise verknüpften Gll. für *spanga*, *asser* und *axes* (X,13 f.) manches erhellen könnte, gerade mit Blick auf evt. mögliche funktionale, chronologische oder regionale Differenzierung.

- 18 Die Unterscheidung von *scuria* in solche mit oder ohne Wände (*scof*) wie in LBai X, 2 klärt offensichtlich wenig, da letztere wiederum divergierende (auch volks- und dialektkundlich beeinflusste) Vorstellungen hervorrief, vom freistehenden Schuppen mit bis zum Boden reichenden Dach (GEBHARD 1951 Abb. 1) über den offenen Viehunterstand (BECKER-DILLINGEN 1935, 691) bis zum ans Haus angelehnten bzw. vom heruntergezogenen Hausdach gebildeten „Schupfen“ (so etwa STORCK 1995, 44 f. bzw. GRUBER 1926, 24 Abb. 13).
- 19 Glossen (Gll.) sind in den Handschriften im Text, zwischen den Zeilen oder am Rande eingefügt althochdt. Worterklärungen lateinischer Begriffe, oder umgekehrt. Einzelgl. wurden auch mit abgeschrieben und so in den Fließtext eingebaut oder gesammelt, bis hin zu ganzen Glossarien. Damit werden ihre Datierung und Herkunft bzw. Heimat und Schule des Glossators oft schwer oder gar nicht mehr feststellbar (THOMA 1958; SONDEREGGER 1980); auch unzutreffende Glossen sind bekannt (z.B. BERGMANN 1987, 554; 559), so daß die Kompetenz der Glossatoren nicht immer außer Zweifel steht (vgl. GÖTZ 1977, bes. 189-191). Dies wird bei Benutzung der Gll. gerne ignoriert.
- 20 Bezeichnenderweise wurde während der rund ein Jhd. umfassenden Periode der „literarischen Rekonstruktion“ vor dem Bekanntwerden erster brauchbarer archäologischer Befunde nur selten in Form von Abbildungen rekonstruiert (wenn doch, dann vom *domus* der LBai und meist nur Grundrisse), die ja ein Gesamtbild verlangen und sich dann meist auch recht deutlich unterscheiden (z.B. STEPHANI 1902, 327 Fig. 131; RHAMM 1908, 360 Fig. 59; GRUBER 1926, 24 Abb. 13; GEBHARD 1951, Abb. 3); letzteres trifft zwar in wohl noch stärkerem Maße für die zahlreichen nur beschreibenden und oft auch nur einzelne Aspekte diskutierenden Rekonstruktionen zu, ist dort aber weniger augenfällig.
- 21 Systematisch vorgeführt von H. Dölling und W. Winkelmann anhand der Grabung von Waren-

- dorf: WINKELMANN 1954, 210 f. Abb. 12 f.- Bsp. für LBai, als Scheuer: GEBHARD 1951; wahlweise Scheuer oder Stall: DÖLLING 1958, 26; DANNHEIMER 1973; DONAT 1980, 73 (auch LAI); als Stallscheune: DIMT 1977, 164; 322; als Wohnstallhaus: DONAT 1991, 166 f. Für LAI, als Scheuer: DÖLLING 1958, 30; als Stall: SCHMIDT-WIEGAND 1978b, 34; als Wohnstallhäuser: CHRISTLEIN 1991, 39; LDA 1991, 24; etc. Vgl. auch die unterschiedlichen Vorstellungen von Sage und Geisler über das auf Grundriß 19 in Kirchheim zu rekonstruierende Haus: DANNHEIMER-DOPSCH 1988, 181 f. Abb. 112 f.
- 22 Üblich wohl seit GEBHARD 1951, dann z.B. bei WINKELMANN 1954, 209; DÖLLING 1958, 30 f.; DONAT 1980, 73. GEBHARD etwa verwertete die Angaben in LAI und LBai ob ihrer Nachbarschaft als Einheit; daß dies bei der unten noch anzusprechenden, mangelhaften Kenntnis der Textgeschichte und -entstehung problematisch ist, zeigte zuletzt GRUPP 1995, der in seinem Textvergleich auf die doch deutlichen Unterschiede zwischen LAI und LBai und den diesbezüglich unbefriedigenden Forschungs- und Editionsstand hinwies.
- 23 So etwa GEISLER 1993, Kap. E I 4 für Kirchheim, die bislang bedeutendste „Bauuarensiedlung“.
- 24 SCHOTT 1978, 1884; die Bußhöhen richten sich in den Leges ganz allgemein auch nach dem Rang des Geschädigten.
- 25 Der Problematik bewußt war sich z.B. DONAT (1980, 73), der deshalb die Bußstaffeln als abstrakte, auf verbreitete Haustypen bezogene Wertangaben betrachtete, die somit eine Grundlage für eine Staffelung der Hausformen böten; er sagt jedoch selbst, daß etwa Größenunterschiede innerhalb eines Gebäudetyps keine Berücksichtigung fänden. Deshalb bleibt unklar, wie dann z.B. eine kleine *scuria* von einem großen *granarium* zu unterscheiden wäre. Völlig unberücksichtigt bleibt das unten anzusprechende Problem der möglichen zeitlichen und räumlichen Heterogenität der in den Legestexten reflektierten Zustände.
- 26 Treffend formuliert von COLES 1979, 132: „Hence it is axiomatic that reconstructions are based on the lowest parts of the original, and the greater are the problems and the less certain the facts as the structure is built upwards.“
- 27 z.B. praktiziertes Recht lt. KOTTJE 1986 (LBai) und 1987 (LAI); dagegen KROESCHELL 1990, 337; untaugl. Versuch: SELLERT 1992; Repräsentationssymbol: SCHOTT 1988, bes. 101 ff. und 1993b, bes. 316; kirchl. Instrument: K. BEYERLE 1926, bes. LXVI, neuerdings wieder aufgenommen von SCHNEIDER 1991, 30-34 (m. weiteren Zitaten, die seine Ansicht stützen sollen). Zuletzt zusammenfassend SIEMS 1995, bes. 29-32, m. Lit.
- 28 So die Nachträge oder urkundlichen Hinweise auf, in der LBai erwähnte, eigentümliche Rechtsbräuche (so das Ohrenziehen der Zeugen), SIEMS 1978, 1899.
- 29 Zur LBai: SIEMS 1978, bes. 1889-1895; für die LAI zeigt schon die Existenz des PA eine längere Entwicklung an; eine dreifache Schichtung der volkssprachigen Wörter der LAI erkennt SCHMIDT-WIEGAND 1978b, 15.
- 30 „Am Ende bleibt die Frage nach den Adressaten und Benutzern dieser und ähnlicher Handschriften. Diese zu beantworten bedarf es weiterer Forschung“, SCHOTT 1993b, 316; ähnlich KROESCHELL 1990, 337: „Bei den fränkischen und „deutschen“ Leges dagegen ist ihre Zweckbestimmung im Grunde ungeklärt“.
- 31 Exemplarisch für die Schwierigkeiten und Chancen, hier Sichereres selbst über die Hs. eines ausnahmsweise namentlich bekannten Schreibers zu erfahren, ist SCHOTTS (1993b) Diskussion des Cod. Sang. 731.
- 32 Nach der Zusammenstellung von KOTTJE (1987, 371-377) haben nur zehn LAI-Hss. eine südwestdt. Schrift(!) Heimat, 20 sind französisch, elf aus Oberitalien und Burgund und sieben aus anderen Teilen Deutschlands; vgl. dazu SIEMS 1989, bes. 295-301, zu Problemen der Herkunftsdifferenzierung.
- 33 Elf „bayrische“ Hss., acht aus Oberitalien, sieben aus Frankreich: KOTTJE 1986, 19-23.
- 34 So – mit umgekehrtem Vorzeichen – der Historiker FRANZ IRSIGLER (1995, 222 f.) auf einer Tagung der Mittelalterarchäologie: „Der an Mittelalterarchäologie interessierte Historiker muß also nicht selbst zum Archäologen werden, aber er muß so vertraut werden mit den Methoden und Arbeitsweisen, daß er unmittelbar Quellenzeugnisse und die Metaquellen in Form von Grabungsdokumentationen verstehen und unter seiner eigenen Fragestellung interpretieren kann. Dann ist er auch in der Lage, seine Fragen an die Archäologie in eine quellen- und methodengerechte Form zu bringen, mit denen der Mittelalterarchäologe etwas anfangen kann.“ Ebd. 220 der folgende Satz, dessen sinn-gemäße Umkehrung ebenfalls nicht ganz fehlgehen wird: „Rezipiert und umgesetzt wird in der Regel nur, was von den Archäologen selbst in einer dem Historiker vertrauten und unmittelbar verständlichen Form angeboten wird, nicht selten ohne hinreichend kritische Prüfung, wenn bereits fixierte Vorstellungen dadurch bekräftigt werden.“
- 35 Dieser Aufsatz ist eine erweiterte Fassung des Tagungsreferates von 1996 und beruht wie dieses auf Teilen meiner Magisterarbeit, die im selben Jahr bei Prof. Dr. M.K.H. Eggert und Prof. Dr. W. Hartmann in Tübingen entstand. Den Genannten möchte ich auch für die Durchsicht des Manuskriptes danken; verbliebene Fehler sind meine eigenen.

Literatur und Quellen

- BEYERLE, K. 1926: *Lex Baiuvariorum*. Lichtdruckwiedergabe der Ingolstädter Handschrift mit Transskription, Textnoten, Übersetzung, Einführung, Literaturübersicht und Glossar. München 1926.
- ECKHARDT, K. A. 1934: *Die Gesetze des Karolingerreiches 714-911*, Bd. 2: Alemannen und Bayern. Schriften der Akademie für Deutsches Recht, Gruppe 5: Rechtsgeschichte. Germanenrechte: Texte und Übersetzungen 2,2 [lat./dt.]. Weimar 1934.
- ECKHARDT, K.A. 1958: *Leges Alamannorum*. 1. Einführung und Recensio Chlothariana (Pactus). Germanenrechte, Neue Folge: Westgerman. Recht, 5,1, [lat./dt.]. Göttingen 1958.
- ECKHARDT, K.A. 1966: *Leges Alamannorum*, ed. K. Lehmann, rev. ed. K.A. Eckhardt. *Monumenta Germaniae Historica, Legum Sectio I. Leges Nationum Germanicarum*, 5,1, Hannover 1966.
- LEHMANN, K. 1888: *Leges Alamannorum*. *Monumenta Germaniae Historica, Legum Sectio I. Leges Nationum Germanicarum*, 5,1. Hannover 1888.
- MERKEL, J. 1863: *Lex Alamannorum, Lex Baiuvariorum*. *Monumenta Germaniae Historica, Leges III*. Hannover 1863.
- RIVERS, Th.J. 1977: *Laws of the Alamans and Bavarians* [o.O. lat./engl.].
- SCHOTT, C. 1993a: *Lex Alamannorum*. Das Gesetz der Alemannen. Text - Übersetzung - Kommentar zum Faksimile aus der Wandalgarius-Handschrift *Codex Sangallensis 731*. Veröffentlichung der schwäbischen Forschungsgemeinschaft Augsburg, Reihe 5b, 3, Augsburg 1993.
- SCHWIND, E.v. 1926: *Lex Baiuvariorum*. *Monumenta Germaniae Historica, Legum Sectio I. Leges Nationum Germanicarum*, 5,2, Hannover 1926.
76. In: R. Bergmann/H. Tiefenbach/L. Voetz (Hrsg.), *Althochdeutsch*, Bd. I, Göttingen 1987, 545-560.
- BINDING, G. 1993: s.v. „Maß (im Bauwesen)“, *LEXMA* 6, 369.
- BÖHM, K. 1994: „ELIRESPACH“ wiederentdeckt. Mittelalterliches aus Irlbach im Landkreis Straubing-Bogen. In: *Vorträge des 12. Niederbayerischen Kreisarchäologentages Deggendorf 1994*, K. Schmotz (Hrsg.). Buch am Erlbach 1994, 307-322.
- CHRISTLEIN, R. 1991: *Die Alamannen*. 3. Aufl. Stuttgart 1991.
- COLES, J. 1979: *Experimental Archaeology*. London 1979.
- CZYSZ, W. 1993: Eine bajuwarische Wassermühle im Paartal bei Dasing. *Das archäologische Jahr in Bayern 1993*, 124-128.
- DANNHEIMER, H. 1973: Die frühmittelalterliche Siedlung Kirchheim. *Germania* 53, 1973, 152-169.
- DANNHEIMER, H., DOPSCH, H. (Hrsg.) 1988: *Die Bajuwaren*. Von Severin bis Tassilo 488-788 [Ausstellungskat. Rosenheim und Mattsee 1988]. 2. Aufl. München, Salzburg 1988.
- DIMT, G. 1977: Haus und Hof in frühbairischer Zeit. Baiernzeit in Oberösterreich [Ausstellungskat. Linz/OÖ 1977]. Linz 1977, 161-176; 331-333.
- DÖLLING, H. 1958: Haus und Hof in westgermanischen Volksrechten. Veröffentlichung der Altertumskommission im Provinzialinstitut für westfälische Landes- u. Volkskunde, 2. Münster 1958.
- DONAT, P. 1980: Haus, Hof und Dorf in Mitteleuropa vom 7.-12. Jahrhundert. Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentralinstitut für Alte Gesch. u. Archäologie, *Schriften zur Ur- und Frühgeschichte*, 33, Berlin 1980.
- DONAT, P. 1991: Zur Entwicklung germanischer Siedlungen östlich des Rheins bis zum Ausgang der Merowingerzeit. *Zeitschrift für Archäologie* 25, 1991, 149-176.
- DU CANGE, Ch. du Fresne Sieur, *Glossarium Mediae et Infimae Latinitatis*, Bde. 1-10, bearb. v. L. Favre. 5. Aufl., Niort 1883-1887; Nachdruck Graz 1954.
- ENGELHARDT, B. 1986: Ergolding im Mittelalter. *Das archäologische Jahr in Bayern 1986*, 148 f.
- FEHRING, G.P. 1970: Erpfingen. Kr. Reutlingen.

Nicht verwendete Literatur

- BECKER-DILLINGEN, J. 1935: *Quellen und Urkunden zur Geschichte des deutschen Bauern*. Berlin 1935.
- BERGMANN, R. 1987: *Die Bamberger Glossenhandschriften*. Mit besonderer Berücksichtigung von Ms. Bibl. 22 und Ms. Bibl.

- Südwürttemberg. Wüstung im Gewann „Untere Wässere“. Nachrichtenblatt der Denkmalpflege in Baden-Württemberg 13, 1970, 74 f.
- GAUDENZ, G. [o.J.]: Spätromische und frühmittelalterliche Siedlungsreste auf dem Tumhügel bei Maladers. In: Archäologie in Graubünden, Funde und Befunde: Festschrift zum 25jährigen Bestehen des Archäologischen Dienstes Graubünden. Chur [ca. 1992].
- GEBHARD, T. 1951: Zu den Hausangaben der Lex Bajuvariorum. *Germania* 29, 230-235.
- GEISLER, H. 1993: Studien zur Archäologie frühmittelalterlicher Siedlungen in Altbayern. Straubing 1993. Zugl. Diss. LMU München 1984.
- GEORGES, K.E. 1962: Ausführliches lateinisch-deutsches Handwörterbuch. 11. Aufl., Basel 1962.
- GÖTZ, H. 1977: Zur Bedeutungsanalyse und Darstellung althochdeutscher Glossen. In: R. Große, S. Blum, H. Götz: Beiträge zur Bedeutungserschließung im althochdeutschen Wortschatz. Sitzungsberichte der sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, philologisch-historische Klasse, Bd. 118 H. 1. Leipzig 1977.
- GRIMM, J. 1828: Deutsche Rechtsaltertümer. Göttingen 1828.
- GRUBER, O. 1926: Deutsche Bauern- und Ackerbürgerhäuser. Karlsruhe 1926.
- GRUPP, D. 1995: „Quod saepe solent contingere in populo“. Ein Textvergleich der Lex Alamannorum und der Lex Baiwariorum. Unpublizierte Zulassungsarbeit, Geschichtswiss. Fakultät Univ. Tübingen 1995.
- HABEL: E. HABEL, F. GRÖBEL (Hrsg.), *Mittellateinisches Glossar*. 2. Aufl., Paderborn 1959, Nachdruck 1989.
- HABERER, G. 1990: s.v. „Schandgeräte“; s.v. „Schandstrafen“. In: *Handwörterbuch der deutschen Rechtsgeschichte*, 4, Berlin u.a. 1990, 1351-1355.
- HÄHNEL, J. 1975: Stube. Wort- und sachgeschichtliche Beiträge zur historischen Hausforschung. Schriften der volkskundlichen Kommission des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe, 21. Münster 1975.
- HARTMANN, W. 1988: Das Recht. In: Dannheimer, Dopsch 1988, 266-272.
- HENNING, R. 1882: Das deutsche Haus in seiner historischen Entwicklung. Quellen und Forschungen zur Sprach- u. Culturgeschichte der germanischen Völker, 47. Straßburg 1882.
- HEYNE, M. 1899: Fünf Bücher deutscher Hausaltertümer von den ältesten Zeiten bis zum 16. Jh., Bd. 1: Das deutsche Wohnungswesen von den ältesten geschichtlichen Zeiten bis zum 16. Jh. Leipzig 1899.
- IRSIGLER, F. 1995: Mittelalterarchäologie in Zentraleuropa aus der Sicht eines Historikers. In: G.P. Fehring/W. Sage (Hrsg.), *Mittelalterarchäologie in Zentraleuropa* [Koll. Bamberg 1990]. *Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters*, Beiheft 9, 217-224.
- KIND, C.-J. 1989: Ulm-Eggingen: Die Ausgrabungen 1982-1985 in der bandkeramischen Siedlung und der mittelalterlichen Wüstung. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg*, 34. Stuttgart 1989.
- KLUGE, F., MITZKA, W. (Hrsg.) 1967: *Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache*. 20. Aufl. Berlin 1967.
- KÖBLER, G. 1971: *Lateinisch-althochdeutsches Wörterbuch*. Göttinger Studien zur Rechtsgeschichte, Sonderbd. 12. Göttingen 1971.
- KÖBLER, G. 1979: *Wörterverzeichnis zu den Leges Alamannorum und Baiwariorum*. Arbeiten zur Rechts- u. Sprachwissenschaft, 11. Gießen 1979.
- KÖBLER, G. 1983: *Lateinisch-germanistisches Lexikon*. Arbeiten zur Rechts- u. Sprachwissenschaft, 5. 2. Aufl., Gießen 1983.
- KOTTJE, R. 1986: Die Lex Baiuvariorum - das Recht der Baiern. In: Mordek (Hrsg.) 1986, 9-23.
- KOTTJE, R. 1987: Zum Geltungsbereich der Lex Alamannorum. In: H. Beumann/W. Schröder (Hrsg.), *Die transalpinen Verbindungen der Bayern, Alemannen und Franken*. *Nationes*, 6. Sigmaringen 1987, 359-377.
- KRÄMER, W. 1951/52: Die frühmittelalterliche Siedlung von Burgheim in Schwaben. *Bayerische Vorgeschichtsblätter* 18/19, 1951/52, 200-207.
- KROESCHELL, K. 1990: [Rez. von Mordek 1986.] *Zeitschrift der Rechtsgeschichte der Savigny-Stiftung / Kanonistische Abteilung* 76, 1990, 335-342.
- LANGETHAL, Ch. E. 1847: *Geschichte der teutschen Landwirtschaft*. 1. Buch: Von den ältesten Zeiten bis auf Karl den Großen. Jena 1847.

- LDA 1991: Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, „... mehr als 1 Jahrtausend“: Leben im Renninger Becken vom 4. bis 12. Jahrhundert. Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg, 19. Stuttgart 1991.
- MATTER, A., WIGGENHAUSER, B. 1994: Frühmittelalterliche Gebäude und fünf Mörtelmischwerke südöstlich des ehem. Chorherrenstiftes in Embrach (Kt. Zürich). Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte 51, 1994, 45-71.
- MORDEK, H. (Hrsg.) 1986: Überlieferung und Geltung normativer Texte des frühen und hohen Mittelalters. Vier Vorträge, gehalten auf dem 35. Deutschen Historikertag 1984 in Berlin. Quellen u. Forschungen zum Recht im Mittelalter 4. Sigmaringen 1986.
- NIERMEYER, J.F., KIEFT, I.C. VAN DEN, 1993: *Mediae Latinitatis Lexicon Minus*. Leiden 1993.
- PFEIFER, W. (u. a.) 1993: *Etymologisches Wörterbuch des Deutschen*. 2. Aufl. Berlin 1993.
- RHAMM, K. 1908: *Ethnographische Beiträge zur germanisch-slawischen Alterthumskunde*, 2. Abtheilung: *Urzeitliche Bauernhöfe in germanisch-slavischem Grenzgebiet*. Braunschweig 1908.
- SCHÄFER, H. 1994: *Konstruktionshölzer des frühen Mittelalters aus Winterbach, Rems-Murr-Kreis*. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1994, 278 f.
- SCHÄFFER, J., DRIESCH, A. VON DEN, 1983: *Tierknochenfunde aus fünf frühmittelalterlichen Siedlungen Altbayerns*. *Documenta naturae* 15. München 1983.
- SCHILD, W. 1995: s.v. „Schandstrafgeräte“ In: *Lexikon des Mittelalters*, 7, München 1995, 1439.
- SCHMIDT-WIEGAND, R. 1978 a: *Studien zur historischen Rechtswortgeographie. Der Strohwich als Bann- und Verbotszeichen*. Münstersche Mittelalter-Schriftenreihe, 18. München 1978.
- SCHMIDT-WIEGAND, R. 1978 b: *Alemannisch und Fränkisch in Pactus und Lex Alamannorum*. In: C. Schott (Hrsg.), *Beiträge zum frühalemannischen Recht*. Veröffentlichung des Alemannischen Institutes Freiburg/Br., Bd. 34. Bülh/Baden 1978, 9-37.
- SCHMIDT-WIEGAND, R. 1991: s.v. „Lex Baiuvariorum“. In: *Lexikon des Mittelalters*, 5, München 1991, 1928.
- SCHNEIDER, W. 1991: *Arbeiten zur alamannischen Frühgeschichte*, 19. Tübingen 1991.
- SCHÖBEL, G., BILLAMBOZ, A. 1992: *Eine frühmittelalterliche Pfostenkonstruktion im Bodensee vor Hagnau, Bodenseekreis*. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1992, 217-222.
- SCHOTT, C. 1974: *Pactus, Lex und Recht*. In: W. Hübener (Hrsg.), *Die Alemannen in der Frühzeit*. Veröffentlichung des Alemannischen Institutes Freiburg/Br., 34. Bülh/Baden 1974.
- SCHOTT, C. 1978: s.v. „Lex Alamannorum“. In: *Handwörterbuch der deutschen Rechtsgeschichte*, 2, Berlin u.a. 1978, 1879-86.
- SCHOTT, C. 1979: *Der Stand der Leges-Forschungen*. *Frühmittelalterliche Studien* 13, 1979, 29-55.
- SCHOTT, C. 1988: *Zur Geltung der Lex Alamannorum*. In: P. Fried, W.D. Sick (Hrsg.), *Die historische Landschaft zwischen Lech und Vogesen*. Veröffentlichung des Alemannischen Institutes Freiburg/Br., 59. Augsburg 1988, 75-105.
- SCHOTT, C. 1991: s.v. „Lex Alamannorum“. In: *Lexikon des Mittelalters*, 5, München 1991, 1927 f.
- SCHOTT, C. 1993b: *Der Codex Sangallensis 731*. In: St. Buchholz, P. Mikat, D. Werkmüller (Hrsg.), *Überlieferung, Bewahrung und Gestaltung in der rechtsgeschichtlichen Forschung* [Festschr. E. Kaufmann]. *Rechts- und staatswissenschaftliche Veröffentlichungen der Görres-Gesellschaft*, Neue Folge 69. Paderborn 1993.
- SELLERT, W. 1992: *Aufzeichnung des Rechts und Gesetz*. In: Ders. (Hrsg.), *Das Gesetz in Spätantike und frühem Mittelalter*. 4. Symposium der Kommission „Die Funktion der Gesetze in Geschichte und Gegenwart“. *Zeitschrift der Rechtsgeschichte der Savigny-Stiftung / Germanistische Abteilung* Nr. 196. Göttingen 1992, 67-102.
- SIEMS, H. 1978: s.v. „Lex Baiuvariorum“, HRG 2, 1978, 1887-1901.
- SIEMS, H. 1989: *Zu Problemen der Bewertung frühmittelalterlicher Rechtstexte (zugleich: Besprechung von R. Kottje, Zum Geltungsbereich der Lex Alamannorum)*. *Zeitschrift der Rechtsgeschichte der Savigny-Stiftung / Kanonistische Abteilung* 106, 1989, 291-305.
- SIEMS, H. 1995: *Textbearbeitung und Umgang mit Rechtstexten im Frühmittelalter*. Zur

- Umgestaltung der Leges im Liber legum des Lupus. In: Ders., K. Nehlsen-von Stryk, D. Strauch (Hrsg.), Recht im frühmittelalterlichen Gallien [Vorträge des 29. Deutschen Rechtshistorikertages Köln 1992]. Rechtsgeschichtliche Schriften, 7. Köln 1995, 29-72.
- SONDEREGGER, S. 1980: s.v. „Althochdeutsche Literatur und Sprache“. In: Lexikon des Mittelalters, 1, München 1980, 472-474.
- SPLETT, J. 1993: Althochdeutsches Wörterbuch. Berlin 1993.
- SPYCHER, H., ZAUGG, M. 1986: Fundort Schweiz, Bd. 4. Das Frühmittelalter. Solothurn 1986.
- STEPHANI, K. G. 1902: Der älteste deutsche Wohnbau und seine Einrichtung, Bd. 1. Leipzig 1902.
- STORK, I. 1991: Eine neue Siedlung der Völkerwanderungs- und Merowingerzeit bei Renningen, Kreis Böblingen. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1991, 183-187.
- STORK, I. 1995: Fürst und Bauer - Heide und Christ: 10 Jahre archäologische Forschungen in Lauchheim/Ostalbkreis. Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg, 29. Stuttgart 1995.
- STSG: E. v. STEINMEYER / E. SIEVERS (Bearb.), Die althochdeutschen Glossen, 5 Bde. 1879-1922; unveränd. Nachdr. Dublin, Zürich 1969.
- THLL: THESAURUS LINGUAE LATINAE, Bd. 1 ff. Leipzig 1900 ff.
- THOMA, H. 1958: s.v. „Glossen, althochdeutsche“. In: Reallexikon der deutschen Literaturgeschichte, 1. 2. Aufl. Berlin 1958.
- WINKELMANN, W. 1954: Eine westfälische Siedlung des 8. Jh. bei Warendorf, Kr. Warendorf. Germania 32, 1954, 189-213.

Anschrift des Verfassers

Andreas Willmy M. A.
 c/o Institut für Ur- und Frühgeschichte und
 Archäologie des Mittelalters, Abteilung
 Jüngere Urgeschichte und Frühgeschichte
 Schloß
 D-72070 Tübingen

Die Entwicklung von Anbauverfahren im Ackerbau

Ulrich Bauer

1. Einleitung

Mit der Einführung des Ackerbaues beginnt der Mensch mit dem gezielten Anbau von Nutzpflanzen zur Nahrungsgewinnung. Wegen ihrer Größe und der guten Lagerungsfähigkeit bieten sich dafür die Samen der Getreidearten an. Einige Wildformen sind im „Nahen Osten“ heimisch (KÖRBER-GROHNE 1988). Dort finden sich auch die frühesten archäologischen Funde, die auf einen Anbau hinweisen. Diese Gebiete mit niederschlagsarmen Sommern und milden Wintern sind kaum bewaldet. Mit der Ausdehnung des Ackerbaues nach Westen und Norden ändern sich die Umweltbedingungen. In den gemäßigten Klimazonen Mitteleuropas mit häufigen Niederschlägen und relativ hohen Niederschlagsmengen kann sich Wald gegenüber anderen natürlichen Pflanzengesellschaften durchsetzen. Für Ackerbau mit seinen lichtbedürftigen Pflanzenarten mußte zunächst Wald gerodet und eine Wiederbewaldung möglichst verhindert werden. Dieses Ziel wurde in Mitteleuropa mit folgenden Anbauverfahren erreicht:

- zunächst mit einem sogenannten „Wald-Feld-Bau“, der später
- von einem „Feld-Gras-Bau“ abgelöst wird,

- und schließlich mit der bekannten „Drei-Felder-Wirtschaft“.

Die Begriffe umschreiben die wechselnde Nutzung der Flächen. Wald wird von Acker abgelöst, Acker von Grasland und schließlich werden drei ständige Ackerflächen unterschiedlich bewirtschaftet. In diesen Verfahren werden die in der Natur vorliegenden Beziehungen und Kreisläufe genutzt.

Alle höheren Pflanzen benötigen für den Stoffwechsel und die Stoffbildung Licht (Einstrahlung), Wasser und Nährstoffe, die sogenannten Wachstumsfaktoren.

Hauptnährstoffe sind Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K). Maßgebliche Stickstoffquelle ist die Atmosphäre (ca. 78 % N). P- und K-Quellen sind die aus Mineralien zusammengesetzten Gesteine, die zu Böden verwittern. Die für eine Stoffbildung außerdem notwendigen Elemente Kohlenstoff (als CO_2) und Sauerstoff (O_2) kommen pflanzenverfügbar nur in der Luft vor.

Durch Stoffbildung und Stoffabbau bestehen in der Natur Stoffkreisläufe in sogenannten „Ökosystemen“. In durch Menschen ungestörten Ökosystemen sind diese Kreisläufe nahezu geschlossen, da kaum Stoffe aus dem System ausgeführt werden. Die Nährstoffbilanzen sind somit ausgeglichen. Im Ackerbau werden mit den Ernteprodukten Nährstoffe aus dem Kreislauf entnommen. Ohne Ausgleich der Nähr- und Stoffbilanzen würde dieses System zusammenbrechen. Ohne Eingriff des Menschen breiten sich im Laufe der sogenannten „Sukzession“ Pflanzen- und Tierarten aus, die ein natürliches Ökosystem bilden können. Im Ackerbau werden Maßnahmen getroffen, um eine Sukzession zu verhindern und Nährstoffbilanzen auszugleichen.

2. Nährstoffumsatz und Nährstoffformen, Nährstoffbedarf von Nutzpflanzen

Kohlenstoff (C)- bzw. Stickstoff (N)-Kreislauf und Phosphor (P)- bzw. Kalium (K)-Kreislauf unterscheiden sich nicht nur durch die Quellen, sondern auch durch die Verbindungen, die im Boden als Vorratspeicher dienen.

C und N sind nur in abgestorbener organischer Substanz (organische Masse) gespeichert, die einem ständigen Umbau, der „Humifizierung“, unterliegen. Es bildet sich Humus. Erst durch einen mikrobiellen Abbau, der „Mineralisierung“, entstehen anorganische mineralische Verbindungen, die von Pflanzen aufgenommen werden können. Humusarme Böden sind daher auch arm an Stickstoff. P und K können hingegen bereits in anorganischen Verbindungen vorliegen.

Humifizierung und Mineralisierung laufen im Boden gleichzeitig ab. Mineralisierungsvorgänge verlaufen aber nur optimal, wenn folgende Bedingungen vorliegen (HAYNES 1986):

- schwach basisch bis schwach saure Bodenreaktion,
- Luft- (Sauerstoff-) Zutritt,
- ausreichende Bodenfeuchte (aber nicht zu viel, da Wasser Luft verdrängt),
- Bodentemperatur von ca. 25 °C - 35 °C,
- Vorhandensein einer Nährstoffquelle, vor allem einer Stickstoffquelle. Nährstoffzufuhr kann daher die Mineralisierung anregen.

Hülsenfrüchte („Leguminosen“) können den N-Kreislauf abkürzen. In einer Symbiose mit sogenannten „Knöllchenbakterien“ nutzen sie Luftstickstoff ohne Umwege. Sie sind dadurch weitgehend N-autark. In ihrer (toten) organischen Substanz befindet sich mehr Eiweiß und damit mehr Stickstoff als bei allen anderen Pflanzen. Der

Anbau von Leguminosen kann damit – verglichen mit anderen Pflanzen – den Stickstoffvorrat im Boden vermehren („N-Akkumulation“).

Bei den Getreidearten wird Stickstoff und Phosphor während der Abreife ins Korn verlagert. Kalium verbleibt weitgehend im Stroh. Für einen Kornertrag von 50 dt/ha muß ca 150 kg N/ha bereitgestellt werden. Der entsprechende P-Bedarf ist mit ca. 50 kg P₂O₅/ha eher gering. Bei 70 dt Stroh beträgt der Kaliumbedarf ca. 100 kg K₂O/ha.

Bei N-autarken Leguminosen kann die PK-Versorgung ertragsbegrenzend wirken. Mehrschnittige Futterleguminosen entziehen bei 50 dt Trockenmasse je Schnitt ca 50 kg P₂O₅/ha bzw. 100 kg K₂O/ha.

3. Ziele von Anbaumaßnahmen, Wechselwirkungen mit Standortfaktoren, Standorteignung von Fruchtarten

Mit drei grundlegenden Maßnahmen, nämlich Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Düngung, lassen sich fast alle Ziele im Ackerbau erreichen. Zwischen einzelnen Maßnahmen und in Abhängigkeit von Standortfaktoren (Luft, Wasser und Nährstoffe) treten Wechselwirkungen und Zielkonflikte auf (siehe Tab. 1).

Bodenbearbeitung

Durch Maßnahmen zur Bodenlockerung läßt sich das Gesamtporenvolumen vergrößern. Durch den verbesserten Sauerstoffzutritt kann aber der Abbau organischer Substanz verstärkt werden. Durch die Saatbettbereitung soll zwar nur die Keimung der Nutzpflanzen gefördert werden, es werden dadurch aber auch bessere Keimungsbedingungen für Unkräuter geschaffen.

Maßnahmen	Ziele	Wechselwirkungen/Zielkonflikte
Bodenbearbeitung	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung von Luft-/Wasserhaushalt durch Bodenlockerung • Saattbettbereitung für Nutzpflanzen • Verschütten von Unkräutern (durch hacken) • Einarbeitung von Ernterückständen (durch pflügen) • Vergraben von Unkräutern 	<ul style="list-style-type: none"> • verstärkt Mineralisierung • verbessert gleichzeitig auch Keimbett für Unkräuter • verstärkt Mineralisierung • Aufgraben von Unkrautsamen • Vergraben „biologischer Aktivität“
Fruchtfolge	<ul style="list-style-type: none"> • Unterbrechung der Entwicklungskreisläufe von Krankheiten und Schädlingen, Unkräutern • bessere Arbeitsverteilung im Jahresablauf • N-/C-Akkumulation • Nutzung von Nährstoffrückständen 	<ul style="list-style-type: none"> • unterschiedliche Nachfrage nach Marktfrüchten • Standort- und Witterungsabhängigkeit
Düngung	<ul style="list-style-type: none"> • Rückfuhr von Nährstoffen und organischer Masse 	<ul style="list-style-type: none"> • Überdüngung möglich je nach Vorräten an organischer Substanz am Standort und Verfügbarkeit (siehe Bodenbearbeitung), Maßnahmen zur Vorfrucht

Tabelle 1 Maßnahmen im Ackerbau.

Durch Pflügen werden Ernterückstände eingearbeitet und Unkräuter vergraben. Gleichzeitig werden jedoch „biologisch inaktiver“ Boden und keimfähige Unkrautsamen an die Bodenoberfläche gebracht.

Fruchtfolge

Viele Krankheiten und Schädlinge treten nur bei bestimmten Pflanzen auf („Wirt-Parasit-Beziehungen“). Viele Unkrautarten haben sich an den Bewirtschaftungsrhythmus im Ackerbau angepaßt (z.B. Herbst- bzw. Frühjahrskeimer, „stickstoffliebende“ Arten). Bei Fruchtwechsel wird deren Vermehrung gestört.

Durch unterschiedliche Saat- und Ernte-

zeitpunkte der einzelnen Fruchtarten werden Arbeitsspitzen besser verteilt. Durch eine frühe Ernte der Vorfrucht und/oder eine späte Saat der Folgefrucht bleibt mehr Zeit für die witterungsabhängige Bodenbearbeitung, die Aussaat und die Düngung. Mit einer Brache läßt sich diese Zeitspanne noch weiter verlängern. Durch Leguminosen in der Fruchtfolge läßt sich Stickstoff und – je nach Nutzung des Aufwuchses – auch organische Substanz im Boden anreichern.

Zielkonflikte entstehen aber durch unterschiedliche Standorteigenschaften. Hafer gilt zum Beispiel als „Gesundungsfrucht“ in einer Getreidefruchtfolge, da er nicht wie Weizen und Gerste von „Fußkrankheiten“

befallen wird. In Gebieten mit Trockenperioden im Frühsommer ist aber der Anbau nicht ertragssicher, da Hafer bei Wassermangel vor und während des Rispen-schiebens unbefruchtete Ährchen ausbildet. Gerste ist zwar trockenresistent, aber sehr empfindlich gegenüber Staunässe und damit Sauerstoffmangel während der Keimung und Jugendentwicklung. Eine Bauernregel lautet daher: „Gerste einbrennen – Hafer einschwemmen“. Eine weitere besagt: „Roggen will den Himmel sehen“. Das heißt, Roggen muß flach gesät werden, was nur bei einem feinen Saatbett gelingt. Auf „schweren“, tonigen Böden ist diese Anforderung nur mit mehreren Arbeitsgängen zu erfüllen. Dazu muß ausreichend Zeit zur Verfügung stehen. Roggen muß aber auch früh gesät werden, da er sich überwiegend vor Wintereinbruch bestockt. Bei den Weizenarten leidet die Keimung dagegen kaum unter nicht optimalen Saatbedingungen.

Letztlich entscheidet der Bedarf an dem Ernteprodukt über den Anbau einer Fruchtart. Zum Beispiel sank mit dem Ersatz von Pferden durch Traktoren auch rasch der Anbau des Futtermittels Hafer.

Düngung

Mit einer Düngung werden entzogene Nährstoffe ersetzt. Durch organische Düngemittel (Stallmist) wird auch abgebaute organische Masse ersetzt, die Bodenorganismen als Nahrungsquelle dient.

Durch Mineralisierungsvorgänge werden während der Vegetationsperiode auch aus Bodenvorräten Nährstoffe, vor allem Stickstoff freigesetzt. Eine Stickstoffdüngung ist in der Regel ertragswirksam, wenn der N-Bedarf höher als die Menge ist, die durch Freisetzung aus Vorräten angeboten wird. Ein zu hohes N-Angebot führt bei Getreide

aber mittelbar zu Mindererträgen. Die Pflanze nimmt mehr Stickstoff auf als für den Stoffwechsel gebraucht wird. Im Hormonhaushalt der Pflanze wirkt Stickstoff „verjüngend“ (Literaturübersicht bei BERGMANN 1988). Dadurch verzögert sich zum Beispiel die Ausbildung der Zellwände und die Verfestigung der Halme bei Getreide. Die Pflanzen sind nicht mehr ausreichend standfest und weniger widerstandsfähig gegenüber Krankheiten. Wieviel Stickstoff verfügbar wird, hängt nicht nur von der Höhe der Vorräte ab, sondern auch von der „Mineralisierungsrate“. Dadurch ergeben sich Wechselwirkungen zwischen langjährigen Vorbewirtschaftungen, Bodenbearbeitung und Witterungsverlauf. Bei Bodennutzung als Grün-(Gras-)land ohne Bodenbearbeitung reichert sich Humus an (C- und N-Akkumulation). Beim Umbruch zur Ackernutzung wird dieser Vorrat abgebaut. Das Ausmaß des Abbaus hängt u.a. von der Art und Intensität der Bodenbearbeitung (z.B. flach oder tief, selten oder häufig) ab. Nach langjähriger Ackernutzung ohne entsprechende C- und N-Rückfuhr ist dieser Vorrat bereits weitgehend verbraucht, die freigesetzte N-Menge ist gering.

4. Erträge und Ertragsbildung bei Getreide – Standortanpassung und Klimaanpassung, Wechselwirkungen mit Anbaumaßnahmen und Standort

Da im Ackerbau eine Flächenausdehnung mit zusätzlichen Maßnahmen und Kosten verbunden ist, wird eine möglichst dichte Flächennutzung angestrebt. Erträge werden daher heute flächenbezogen angegeben (z.B. dt/ha). Der Ertrag der Einzelpflanze und deren Zahl ergibt den Gesamtertrag pro Fläche. Bei Getreide

setzt sich der Kornertrag aus den folgenden „Ertragskomponenten“ zusammen:

- der Zahl der Ähren,¹
- der Zahl der Körner pro Ähre und
- dem Einzelkorngewicht.¹

Diese Abfolge entspricht auch dem Entwicklungsverlauf, der mit einer vegetativen Phase (Keimung, Blattbildung und Bestockung) beginnt, sich mit einer generativen Phase (Differenzierung der Ähre und Kornanlage) fortsetzt und nach der Befruchtung in einer reproduktiven Phase (Kornausbildung) endet.

Die einzelne Pflanze legt zunächst, gewissermaßen vorsorglich, mehr Organe (Triebe, Ähren und Körner) an, als schließlich nach der Befruchtung endgültig ausgebildet werden. Reicht das Angebot an Licht, Wasser und Nährstoffen nicht für alle angelegten Organe aus, werden überzählige zurückgebildet („reduziert“). Für diese Entwicklungsschritte wurden die Begriffe „Anlage-“ bzw. „Reduktionsphase“ geprägt (HÄNSEL 1956).

Diese Reduktion von Ertragskomponenten läßt sich als Konkurrenzwirkung verstehen. Bei einer hohen Ährendichte reicht ein begrenztes Angebot an Licht, Wasser und Nährstoffen nur zur Versorgung einer geringen Anzahl Körnern pro Ähre aus. Umgekehrt sind auch Kompensationseffekte möglich. Bei geringer Ährenzahlf aufgrund einer schwachen Bestockung (z.B. durch ungünstige Witterung) kann es den Pflanzen gelingen, eine höhere Kornzahl pro Ähre auszubilden. Wenig Konkurrenz während der Anlage- und Reduktionsphase führt zu höherem Ähren- bzw. Kornansatz. Konkurrenzeffekte lassen sich durch zwei Maßnahmen vermindern:

- durch einen weiteren Standraum für die Einzelpflanze und/oder
- durch Nährstoffzufuhr.

Mit dem erweiterten Standraum vergrößert

sich das Bodenvolumen, aus dem die Pflanze Nährstoffe und Wasser entziehen kann. Eine Standraumerweiterung gelingt am besten bei einem Saatverfahren, das eine gleichmäßige Verteilung der Pflanzen sicherstellt. Außerdem wird durch eine einheitliche Saattiefe eine gleichzeitige Keimung der Pflanzen mit einem hohen Feldaufgang erreicht.

Neben der Tageslänge (Einstrahlungsdauer) beeinflusst vor allem der Witterungsverlauf die Dauer der einzelnen Entwicklungsabschnitte. Niedrige Temperaturen im Herbst beenden die Bestockung bei Wintergetreide. Hohe Temperaturen im Frühjahr leiten die Halmstreckung („Schossen“) ein. Wassermangel im Sommer beschleunigt die Abreife.

Durch eine veränderte Ausprägung der Ertragskomponenten versuchen die Pflanzen, sich im Rahmen ihrer genetischen Vielfalt an unterschiedliche Standorts- und Klimabedingungen anzupassen. So sind zum Beispiel bei frühem Wintereinbruch Pflanzen im Vorteil, die sich schnell bestocken oder die eine geringe Ährenzahlf durch eine höhere Kornzahl pro Ähre kompensieren können. Bei milden Wintern (Mittelmeergebiet) werden Pflanzen mit hohem Bestockungsvermögen die höheren Erträge erreichen. Langfristig setzen sich nur die an den jeweiligen Standort am besten angepaßten Pflanzen durch („the fittest will survive“).

Ein deutliches Beispiel hierfür ist die Verbreitung des Anbaues von Hartweizen (*triticum durum*) bzw. Weichweizen (*triticum aestivum*). Hartweizen ist durch seine kurze vegetative und lange generative Phase an Gebiete mit ungleichmäßiger Niederschlagsverteilung (Regen- und Trockenzeiten) angepaßt (JAHN-DEESBACH et. al. 1974. ANONYM 1980. SAUER 1993). Weichweizen verzeichnen dagegen eine lange

vegetative und kurze reproduktive Phase. Er reift daher auch in kurzen Trockenperioden relativ sicher ab. Bei Hartweizen kann dagegen in Gebieten mit Sommerniederschlägen bereits die Keimung einsetzen (er „wächst“ auf dem Halm aus, KLING 1987. KÜBLER 1994). Ursache dieses Verhaltens können die unterschiedlichen Eltern und spätere Kreuzungspartner beider Weizen sein (POCEDDU und LAFIANDRA 1986. KERBY und KUSPIRA 1987).

5. Anbau 1996 – Ergebnisse und Diskussion

Von den oben genannten Standortfaktoren und Anbaumaßnahmen wurden 1996 auf Flächen des Hohenloher Freilandmuseums (Schwäbisch Hall, - Wackershofen) folgende geprüft:

1. Einfluß der N-Freisetzung aus organischer Substanz auf die Ertragsbildung von Roggen.
2. Einfluß der Standraumverteilung auf die Ertragsbildung von Hafer in Abhängigkeit von N-Rückständen aus der Vorfrucht.
3. Ertragsbildung alter Landsorten.

5.1 Einfluß der N-Freisetzung auf die Ertragsbildung von Roggen

Für den Vergleich wurden eine langjährige Ackerfläche und eine zuvor umgebrochene Dauergrünlandfläche ausgewählt. Beide sind seit mindestens zwei Jahren nicht mehr gedüngt worden.

Auf Dauergrünland werden Ernterückstände vorwiegend humifiziert, auf Ackerflächen dagegen mineralisiert. Das zeigt sich in den etwa dreifach höheren Gehalten an organischer Substanz und organisch

gebundenem Stickstoff auf der ehemaligen Grünlandfläche (Tab. 2). Bei praxisüblicher Bodenbearbeitung werden in gemäßigten Klimazonen zwischen 1% und 3 % der organischen Substanz pro Jahr mineralisiert (KORTLEVEN 1963). Falls keine anderen Wachstumsfaktoren ertragsbegrenzend sind, läßt sich daraus der zu erwartende Ertrag abschätzen. Der 1996 erzielte Ertrag übertrifft den kalkulierten Erwartungswert, was sich auch aus den vorsichtigen Schätzungen erklärt (Tab. 2). Alle Ertragskomponenten in Tabelle 3 zeigen nach Grünlandumbruch höhere Werte als bei langjähriger Ackernutzung, mit etwas stärkerer Differenzierung bei der Zahl der Ähren pro m². Das spricht für eine stetige Freisetzung von Nährstoffen, die sich auch durch den ausgeglichenen Witterungsverlauf (keine ausgesprochene Trockenperiode) erklären läßt.

5.2 Einfluß der Standraumverteilung auf die Ertragsbildung von Hafer in Abhängigkeit von N-Rückständen aus der Vorfrucht

Mit zwei Saatstärken (250 bzw. 500 Körner/m²) wurde eine differenzierte Standraumzuteilung der Einzelpflanzen angestrebt.

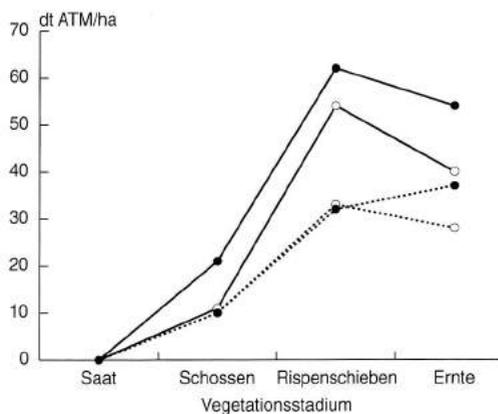
Durch verschiedene Vorfrüchte (Klee gras, dessen gesamter Aufwuchs als Gründüngung eingearbeitet wurde bzw. Getreide) war ein Einfluß der N-Freisetzung aus den Ernterückständen zu erwarten, da nicht gedüngt wurde. Saatverfahren (Breit- und Saatsaat von Hand) und Saatsaatsbettbereitung (Pflügen erst drei Wochen vor der Saat möglichst, grobes Saatsbett) boten keine optimalen Voraussetzungen für die Verteilung und Keimung des Saatgutes. Der Feldaufgang war verzögert.

Vorbewirtschaftung	C _t (%)	N _t (kg/ha)	N-Freisetzung (kg/ N/ha u. Jahr)	Ertragserwartung (dt Korn/ha)	erzielter Ertrag (dt Korn/ha)
Grünland	5,1	15.200	150	33	45
Acker	1,5	4.500	45	10	15

Tabelle 2 Vorräte an organischer Substanz und Ertragserwartung von Getreide in Abhängigkeit von der Vorbewirtschaftung. Wackershofen 1996.

Vorfrucht / Standort	Roggen / Acker	Dauerwiese
Düngung	–	–
Ähren / m ²	117	243
TKG (g)	33,5	44,7
Kornzahl / Ähre	34,8	41,8
Kornertrag (dt / ha)	15,0	45,4

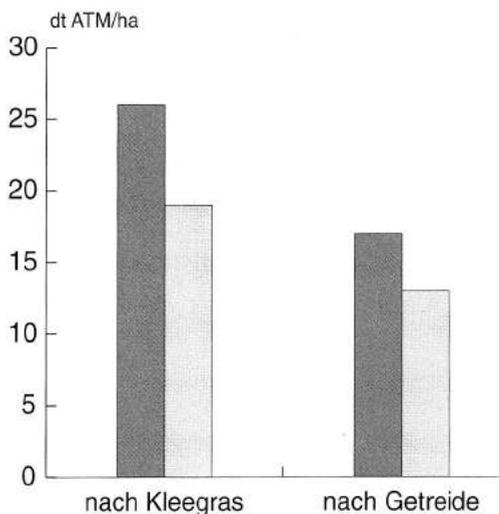
Tabelle 3 Ertragsaufbau von Winterroggen in Abhängigkeit von Vorfrucht und Standort. Wackershofen 1996.



- ◆ Saatstärke = 250 Körner/m²
- ◇ Saatstärke = 500 Körner/m²
- nach Klee gras nach Getreide

Abb. 1 Trockenmassezuwachs von Hafer 1996 in Abhängigkeit von Saatstärke und Vorfrucht.

Das größere N-Angebot nach der Vorfrucht Klee gras führt zu höherer Trockenmassebildung als nach Getreide. Bei dichter Saat ist aber der Ertrag der Einzelpflanzen niedriger (Abb. 1).



- Saatstärke = 250 Körner/m²
- Saatstärke = 500 Körner/m²

Abb. 2 Kornertrag von Hafer 1996 in Abhängigkeit von Saatstärke und Vorfrucht.

Das unterschiedliche vegetative Wachstum wirkt sich auch auf die Kornerträge aus (Abb. 2). Nach Klee gras werden höhe-

Vorfrucht	Getreide		Kleegras	
Saatstärke (Körner / m ²)	250	500	250	500
Rispen / m ²	250	396	250	275
TKG (g)	39,0	38,8	42,5	37,7
Kornzahl / Rispe	23,2	08,1	23,9	16,4
Kornertrag (dt / ha)	19,3	12,6	25,3	17,0

Tabelle 4 Ertragsaufbau von Hafer in Abhängigkeit von Vorfrucht und Standort. Wackershofen 1996.

re Erträge erreicht als nach Getreide. Die höhere Saatstärke führt aber zu Mindererträgen (Abb. 2), trotz höherer Rispenzahl bei der Ernte (Tab. 4). Dieser Ertragsabfall läßt sich vor allem durch die geringeren Kornzahlen pro Rispe (Tab. 4) erklären, vermutlich eine Folge von Konkurrenzeffekten während der Reduktionsphase.

5.3 Ertragsbildung alter Landsorten

Das Ertragspotential alter Sorten läßt sich nur bei annähernd optimalen Standortverhältnissen, Anbaumaßnahmen und verlustarmer Ernte abschätzen. In Tab. 5 sind zwei Winterweizensorten gegenübergestellt. Ein humusreiches Gartenbeet als Standort sollte eine ausreichende Nährstoffversorgung sicherstellen. Durch Vorziehen und Auspflanzung im Frühjahr wurde eine gleichmäßige Standraumzuteilung erreicht. Trotz der verkürzten Bestockungsphase wurden von beiden Sorten pro Pflanze über drei Ähren gebildet. Die Sorte 1 erzielt über eine höhere Kornzahl und ein höheres Einzelkorngewicht fast den doppelten Ertrag der Sorte 2 (41 bzw. 22 dt/ha). Möglicherweise ist die Differenzierung der Ertragskomponenten auch durch eine unterschiedliche Standortanpassung zu erklären. Die späte Ab-

reife ermöglichte 1996 eine lange Kornfüllungsphase, die aber von der Sorte 2 nicht genutzt werden kann. Auch zeigt Sorte 1 den Erfolg von Selektionsmaßnahmen. Von der Gesamttrockenmasse wird ein Drittel in den Kornertrag umgesetzt. Bei Sorte 2 sind es dagegen kaum mehr als ein Viertel. Bei heutigen Sorten kann der Kornanteil den Strohanteil übertreffen. Ein Großteil der Ertragssteigerungen der letzten Jahrzehnte beruht auf dieser Umverteilung der oberirdischen Masse durch Züchtungserfolge (AUSTIN 1978).

Wie der Vergleich in Tab. 6 zeigt, können Landsorten auch höhere Erträge als moderne Sorten erzielen. Bei später Aussaat, grobem Saatbett, ungünstiger, unregelmäßiger Verteilung des Saatgutes und Standortnachteilen erreicht auch eine Hafer-Neuzüchtung nur 20 dt/ha. Die über 150 Jahre alte Landsorte kann unter günstigen Bedingungen bereits über 50 dt/ha realisieren.

6. Entwicklung von Anbauverfahren

In der Geschichte des Ackerbaus wurden verschiedene Verfahren entwickelt, um die Rückkehr natürlicher Ökosysteme zu verhindern. Im Ackerbau tropischer und subtropischer Regionen werden diese Verfahren noch heute angewandt.

Sorte	Landsorte 1	Landsorte 2
Pflanzung / m ²	100	100
Ähren / m ²	340	328
TKG (g)	45,1	33,8
Kornzahl / Ähre	26,4	19,4
Kornertrag (dt / ha)	40,5	21,5
Stroh: Korn - Verh.	2,0	3,5

Tabelle 5 Ertragsaufbau von Winterweizen in Abhängigkeit von der Sorte. Wackershofen 1996.

Sorte	Nürnberg 1832	Lutz 1993
Saatstärke (Körner / m ²)	250	250
Rispen / m ²	265	250
TKG (g)	29,5	39,0
Kornzahl / Rispe	80,4	23,2
Kornertrag (dt / ha)	56,2	19,3

Tabelle 6 Ertragsaufbau von Hafer. Wackershofen 1996.

Wald-Feld-Bau

In Waldlandschaften ist ohne technische Hilfsmittel die Schaffung von Ackerflächen und das Zurückdrängen der Sukzession nur durch Brandrodung möglich.

Die unter Naturwald angereicherte organische Substanz bildet einen großen Vorrat an Nährstoffen, vor allem an Stickstoff. Zur Deckung des N-Bedarfs der Nutzpflanzen genügt eine weitaus geringere Mineralisierung als auf heutigen Ackerflächen. Eine Bodenbearbeitung ist nicht sinnvoll, da das höhere N-Angebot nicht genutzt werden kann, sondern eher zu Mindererträgen führt (Anfälligkeit für Lager, Krankheiten etc.).

Ein breitwürfiges Saatverfahren ist nicht anwendbar. Das Ziel einer Aussaat – möglichst lückenlose Flächennutzung und gleichmäßige Standraumverteilung – lässt sich mit einem breitwürfigen Saatverfah-

ren nur in einem sogenannten „Saatbett“ erreichen. Dies setzt eine flächige Bodenbearbeitung und eine weitere oberflächliche Bearbeitung nach der Saat voraus. Erst dadurch wird das Saatgut eingemischt. Die kleinen Körner rieseln zwischen den relativ großen Bodenaggregaten nach unten. Dort herrschen aufgrund gleichmäßiger Bodenfeuchte und ausreichendem Luftzutritt die günstigsten Keimungsbedingungen. Mangels technischer Hilfsmittel lässt sich eine gleichmäßige Saattiefe (für optimalen Feldaufgang) und Standraumverteilung nur durch manuelle Ablage einzelner bzw. mehrerer Körner („Horstsaat“) in ein Saatloch erreichen. Die Notwendigkeit einer Fruchtfolge besteht nicht zwingend. Die Vermehrung von Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern lässt sich durch Brennen der Fläche weitgehend verhindern.

Anbaupausen müssen vermieden werden, um

- die Vegetationsperiode zur Ertragsbildung zu nutzen,
- etwaige Konkurrenten durch Lichtentzug zu unterdrücken und vor allem,
- um die Ansiedlung ausdauernder Gräser zu verhindern. Sie überstehen Brände aufgrund tiefliegender Bestockungsknoten und Rhizome.

Diese Vorgaben sind durch eine Wintergetreidemonokultur mit früher Aussaat (dadurch lange Bestockungsphase) zu erfüllen. Die Wahl der Fruchtart hängt letztlich von ihrer Verwertung bzw. Verarbeitung ab. Naheliegend ist der Anbau von Winterweizen als Weich- bzw. Hartweizen. Hartweizen hat den Vorteil der höheren Mehlausbeute (ODENBACH 1985). In gemäßigten Klimazonen ist der Anbau allerdings nur in ausgesprochenen Trockengebieten (im „Regenschatten“) ohne großes Risiko möglich.

Wie lange sich dieses Verfahren durchführen läßt, hängt vor allem von der Höhe der Nährstoffvorräte (organische Substanz, verwitterbare Mineralien) und der Gunst des Wasser- und Lufthaushaltes ab. Ackerbau begann in Mitteleuropa durchweg in Lößlandschaften. Aus Löß (von alemannisch „lösch“ = locker) entstandene Böden verlieren ihre günstigen physikalischen Eigenschaften auch nach langer ackerbaulicher Nutzung nicht (KUSSMAUL 1969).

Durch Brandrodung werden aus der Humusaufgabe Nährstoffe freigesetzt. Dadurch kann die Mineralisierung nicht zerstörter organischer Substanz angeregt werden. Beim Brennen freigesetzter NH_4^+ -Stickstoff kann auch unmittelbar zu NO_3^- -Stickstoff nitrifiziert werden (VIRO 1974. HETSCH 1980. BEESE und DIVISCH 1980. CHRISTENSEN 1994). Die bei der Nitrifizierung ent-

stehende Salpetersäure könnte aber im Wurzelraum zur Versauerung führen. Zwar werden bei der Aufnahme von Anionen durch die Pflanze OH^- -Ionen zum Ladungsausgleich abgegeben und somit H^+ -Ionen neutralisiert (MENGEL 1984. MARSCHNER 1995). Mineralisierung und Nährstoffaufnahme verlaufen aber nicht immer synchron, so z.B. bei Witterungsverläufen die zu rasch wechselnder Bodenbefeuchtung und -austrocknung führen (ULRICH 1980). Bei niedrigem Boden-pH sind hohe Getreideerträge nicht mehr zu erwarten.

Feld-Gras-Bau

In diesem Anbauverfahren wird die Trittbelastung und der Verbiß der Haustiere genutzt, um Sukzession aufzuhalten. Mit der Nutzung der Haustiere als Zugtiere kann eine Bodenbearbeitung auf größeren Flächen durchgeführt werden. Mit dem verwendeten Gerät, dem Hakenpflug, ist allerdings keine lückenlose Flächenbearbeitung möglich, sondern nur ein Furchenziehen. Die Aussaat erfolgt in diese Furchen.

Nach längerer Ackernutzung ist eine Bodenbearbeitung auch nötig, um eine höhere N-Freisetzung aus dem geringen Vorrat an organischer Substanz zu erreichen. Da aber keine Nährstoffrückfuhr stattfindet, sinken die Vorräte weiter ab. Durch eine Anbaupause und die dabei eintretende natürliche Begrünung wird versucht, wieder Nährstoffe und organische Masse anzureichern. Eine starke C-/N-Akkumulation tritt aber nur durch die N-Bindung von Leguminosen (Wildleguminosen?) ein. Ohne diese wirkt sich nur der N-Eintrag durch Niederschläge, bzw. durch nicht in Symbiose lebende („freilebende“) N-bindende Mikroorganismen und die geringere

Mineralisierung infolge unterlassener Bodenbearbeitung aus. Falls während der Brache kein Ausgleich der Nährstoff- und Humusbilanz gelingt, sinken die Vorräte weiter. Schließlich reicht die Freisetzungsrates nicht mehr für die erwarteten Erträge aus. Als Ausweg bleibt nur eine Verlängerung der Brache oder das Ausweichen auf bisher nicht als Acker genutzte Flächen.

Von der Dauer der Brache und der Acker-nutzung hängt das Auftreten von Krankheiten, Schädlingen und Unkräutern ab. Bei einer kurzen Ackernutzung (zwei Jahre?) bestehen für Erreger und Schädlinge eher geringe Vermehrungsmöglichkeiten. Während der anschließenden Brache wird mangels Wirtspflanzen und durch Antagonisten „phytopathogenes Potential“ abgebaut. Da einige Erreger von Getreidekrankheiten auf unverrottetem Stroh überdauern (BOCKMANN und KNOTH 1965. DIERKS 1965) wird auch der Verbleib des Strohes einen Einfluß ausüben. Verbrennen vernichtet die Erreger.

Falls es gelingt, das „phytopathogene Potential“ niedrig zu halten, bringt eine Fruchtfolge kaum Nutzen. Auf sie kann dann verzichtet werden.

Drei-Felder-Wirtschaft

Für dieses Verfahren sind alle im Ackerbau notwendigen Maßnahmen (vgl. Tab. 1) belegt. Die Ziele konnten mit der Fruchtfolge Brache (einjährig) - Wintergetreide - Sommergetreide - am besten erreicht werden.

Die Brache dient hierbei nicht der C-/N-Akkumulation. Dafür ist ein Jahr zu kurz. Das Ziel ist vielmehr, die für witterungsabhängige Maßnahmen zur Verfügung stehende Zeitspanne zu verlängern. Vor allem für die folgenden Maßnahmen kann dann eher der günstigste Zeitpunkt gewählt werden:

- eine Bodenbearbeitung bei optimaler Bodenfeuchte,
- die rechtzeitige Ausbringung des Stallmistes, damit anschließend noch eine ausreichende Freisetzung von Nährstoffen stattfindet,
- ein früher Aussaattermin des Wintergetreides, um damit eine lange Bestockungsphase zu ermöglichen und dabei noch aus Stallmist freigesetzte Nährstoffe zur Anlage von Ertragsorganen (vgl. Anlagephase) zu nutzen. Dabei ist auch die Wahl der Fruchtart von Einfluß. Von den Getreidearten bestockt sich Roggen am besten.

Der Fruchtwechsel zu Sommergetreide unterbricht nicht nur den Vermehrungskreislauf von wirtsspezifischen Krankheiten und Schädlingen. Mit der Saatbettbereitung im Frühjahr erfolgt auch eine Bodenlockerung. Durch den verbesserten Luftzutritt bei gleichzeitiger Bodenerwärmung beginnen wieder Mineralisierungsvorgänge. Die Stallmistdüngung kommt erneut zur Wirkung.

Natürlich sind auch in der Dreifelderwirtschaft die Nährstoffkreisläufe nicht geschlossen. Die Nährstoffrückfuhr über Stallmist ist letztlich eine Umverteilung von Nährstoffen von Grünlandflächen über Haustiere auf Ackerflächen. Je nach Standort-, Witterungsverhältnissen und auch Bodenbearbeitung schwankt die notwendige Höhe der C-/N-Rückfuhr. Aus Erfahrung war bekannt, welcher Grünlandanteil nicht unterschritten werden durfte. Die wichtigste Bauernregel in einer Dreifelderwirtschaft lautet deshalb: „Grünland ernährt den Acker“, oder wie es AEREBOE (1905) formulierte: „Wiesen und Weiden sind die Stallmistproduzenten, Äcker die Stallmistkonsumenten“.

Ende der Dreifelderwirtschaft

Mit dem starken Bevölkerungsanstieg im 18. Jahrhundert stieg die Nachfrage nach Grundnahrungsmitteln. Grünland wurde deshalb zu Ackerflächen umgebrochen und saure Böden wurden aufgekalkt. Kurzfristig erzielte man auf diesen Flächen aufgrund der gesteigerten Mineralisierungsrate hohe Erträge. Langfristig sanken aber die Erträge der gesamten Ackerflächen („Kalk: Reiche Väter – arme Söhne“).

Der Engpaß bei der Nährstoffzufuhr war erst im letzten Jahrhundert zu beheben. Nährstoffe werden jetzt nicht mehr zwischen Grünland- und Ackerflächen umverteilt. Mit verbesserten Transportmöglichkeiten findet die Umverteilung zwischen natürlichen Anreicherungsstätten (Lagerstätten) und den Ackerflächen statt. Fast zwangsläufig kam der nächste Schritt mit der Nutzung des Luftstickstoffes zur Herstellung eines synthetischen N-Düngers (Haber-Bosch-Verfahren 1909/1913). „Kunstdünger“ war entstanden. Die N-Quelle ist aber immer noch die gleiche: Die Atmosphäre.

Auch mit den übrigen Maßnahmen im heutigen Ackerbau werden noch die gleichen Ziele wie in der „alten“ Dreifelderwirtschaft verfolgt. Immer weniger Betriebe bewirtschaften jedoch immer größere Flächen. Durch Koppelung mehrerer Geräte an einem zugkräftigen Traktor werden Arbeitsgänge eingespart, z.B. werden Saattbettbereitung und Aussaat gemeinsam durchgeführt. Auch in der Landwirtschaft ist Zeit mittlerweile Geld.

Anmerkung

- 1 Um anschauliche Größenordnungen zu erhalten, werden üblicherweise das Gewicht von tausend Körnern („Tausendkorngewicht“ = „TKG“) und die Ährenzahl pro m² angegeben.

Literatur

- AEREBOE, F. 1905: Beiträge zur Wirtschaftslehre des Landbaues. In: K. v. Rümker (Hrsg.), Mitteilungen der landwirtschaftlichen Institute der Königlichen Universität Breslau. Bd. 3., Heft III, 1905.
- ANONYM, 1980: Results of the 11th International Durum Yield Nursery 1979-1980. CIMMYT, Mexico. Zit. In: Federolf, K.G., 1990: Zur Entwicklung und Leistungsfähigkeit von Hartweizen (*T. turgidum ssp. durum*) und Weichweizen (*T. aestivum ssp. aestivum*) unter Berücksichtigung der Überwinterungsfähigkeit von Hartweizenbeständen. Dissertation Universität Hohenheim 1980.
- AUSTIN, R.B. 1978: Actual and potential yields of wheat and barley in the United Kingdom. 1978.
- ADAS Q. Review 29, 76-87. Zit. In: Odenbach, W., 1985.
- BEESE, F., DIVISCH, R. F. 1980: Zum Stoffaustausch eines durch Waldbrand beeinflussten Braunerde-Podsols unter Kiefer. Forstw. Cbl. 99, 1980, 273-283.
- BERGMANN, W. 1988: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnostik. 1988.
- BOCKMANN, H., KNOTH, K. E. 1965: Die Ertragsbildung von Sommerweizen nach verschiedenen Vorfrüchten unter besonderer Berücksichtigung der Schäden durch Fußkrankheiten. Z.Pflanzen.Krnkh. Pflanzenschutz 72,1965, 385-398.
- CHRISTENSEN, N. L. 1994: The effects of Fire on Physical and Chemical Properties of Soils in Mediterranean Climate Shrublands. In: Moreno, J. M., Oechel, W. C.: The Role of Fire in Mediterranean Type Ecosystems 1994.
- DIERKS, R. 1965: Die Bekämpfung der Halmbruchkrankheit des Getreides (*Cercospora herpotrichoides*) unter besonderer Berücksichtigung chemischer Verfahren Bayer. Landw. Jb. 42, SH 4, 1965, 7-135.
- HÄNSEL, H. 1956: Entwicklungsreaktionen ver-

- schiedener Organe von Winterweizen (*Triticum aest. L.*). Pflanzenschutz 35, 1956, 117-136.
- HAYNES, R. J. 1986: Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System Academic Press. Orlando - San Diego - New York 1986.
- HETSCH, W. 1980: Bodenphysikalische und bodenchemische Auswirkungen eines Waldbrandes auf einem Braunerde-Podsol unter Kiefer. Forstw. Cbl. 99, 1980, 257-273.
- JAHN-DEESBACH, W., RAJABZADEH, N., SCHULTZE-KRAFT, R. 1974: Untersuchungen an Durum-Weizen über Ertrag, Ertragsaufbau und Rohproteingehalt. Getreide, Mehl und Brot 4, 1974, 88-91.
- KERBY, K., KUSPIRA, J. 1987: The phylogeny of the polyploid wheats *Triticum aestivum* (bread wheat) and *Triticum turgidum* (macaroni wheat) Genome 29, 1987, 722-737.
- KLING, C. 1987: Darum nur in Regionen mit früher Erntezeit anbauen. Württ. Wochenblatt Landw. 5, 1987, 22-24.
- KÖRBER-GROHNE, U. 1988: Nutzpflanzen in Deutschland. 1988.
- KORTLEVEN, J. 1963: Kwantitative Aspekten van humuspbouw en humusafbraak. Diss. Wageningen. In: Sauerlandt, W.; Tietjen, C. 1970: Humuswirtschaft des Ackerbaues. Frankfurt am Main 1863.
- KUBLER, E. 1994: Weizenanbau. Stuttgart 1994.
- KUSSMAUL, H. 1969: Vergleich von Lößböden unter Laubwald und Acker. Dissertation Universität München 1969.
- MARSCHNER, H. 1995: Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Orlando - San Diego - New York 1995.
- MENGEL, K. 1984: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Stuttgart 1984.
- ODENBACH, W. 1985: Weizen (*Triticum spec.*) - Zuchtziele. In: Hoffmann, W.; Mudra, A.; Plarre, W. (Hrsg.), Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Band 2, spezieller Teil, Berlin und Hamburg 1985.
- PORCEDDU, E., LAFIANDRA, D. 1986: Origin and Evolution of Wheats. In: Barigozzi, C. (Hrsg.), The Origin and Domestication of cultivated Plants. Elsevier. Amsterdam - Oxford - New York 1986.
- SAUER, J. D. 1993: Historical Geography of Crop Plants. CRC - Press. Boca Raton - Ann Arbor 1993.
- ULRICH, B. 1980: Die Bedeutung von Rodung und Feuer für die Vegetationsentwicklung in Mitteleuropa. Forstw. Cbl. 99, 1980, 376-384.
- VIRO, P. J. 1974: Effects of Forest Fire in Soil: In: Kozlowski, T.T.; Ahlgren, C.E. (Hrsg.), Fire and Ecosystems. Academic Press. New York - San Francisco - London 1974.

Anschrift des Verfassers

Dr. Ulrich Bauer
 Hohenloher Freilandmuseum
 D-74523 Schwäbisch-Hall

Anbauversuche zur (prä-)historischen Landwirtschaft im Hohenloher Freilandmuseum Schwäbisch Hall-Wackershofen

M. Rösch

1. Einleitung

Der Nahrungserwerb durch Wildbeuterei oder Landwirtschaft ist eine elementare Grundlage menschlichen Lebens. Die Entwicklung und Steigerung der Nahrungproduktion durch die Landwirtschaft seit dem Neolithikum ermöglichte eine demographische und kulturelle Entwicklung, veränderte aber zugleich die naturräumlichen Gegebenheiten. Quellen zur Kenntnis insbesondere prähistorischer Subsistenzwirtschaft sind neben archäologischen Funden und Befunden wie Erntegeräte oder Pflugspuren sowie pedologischen Zeugnissen wie Kolluvien vor allem biologische Reste. Dazu zählen die Knochen von Wirtschafts- und Nahrungstieren sowie die Reste von Pflanzen aus anthropogenen oder natürlichen Ablagerungen.¹ Pflanzliche Großreste, vor allem Früchte und Samen aus archäologischen Befunden, sind seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts Gegenstand wissenschaftlichen Interesses; Blütenstaub, insbesondere aus natürlichen Feuchtablagerungen, etwa seit Beginn dieses Jahrhunderts.² Nachdem lange Zeit rein deskriptiv gearbeitet worden war, tritt in jüngerer Zeit eine kausale Sichtweise in den Vordergrund, die versucht, aufgrund einer besseren und breite-

ren Datenbasis die Zusammenhänge zwischen Naturraum und menschlicher Subsistenzwirtschaft zu erfassen. Dabei geht es nicht mehr allein um die Frage, welche Kulturpflanzen in einer bestimmten Zeit und Gegend angebaut wurden und welche Baumarten im Wald wuchsen, sondern um die Lebensumstände einer menschlichen Population und um die ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen.³ Dabei wird der Boden der gesicherten wissenschaftlichen Fakten, der Beobachtungen in Form von Pflanzentabellen und Pollendiagrammen verlassen. Stattdessen begibt man sich auf das brüchige Eis von Hypothese, Theorie, Spekulation, wissenschaftlicher Meinung und stellt rasch fest, daß das Netz gesicherter Tatsachen, also die paläo-ökologischen Daten, nicht ausreichen, um ein Einbrechen zu verhindern. Die alteingeführten Kulturpflanzen der alten Welt, insbesondere die Kulturgräser aus den Gattungen *Triticum* und *Hordeum*, stammen aus ariden Gebieten.⁴ Ihr landwirtschaftlicher Anbau in einem Gebiet mit von Natur aus geschlossener Bewaldung war nur gegen den Wald möglich. Die dadurch bedingte Veränderung und Verdrängung des Waldes kann durch die Pollenanalyse registriert werden.⁵ Die Kulturpflanzen benötigen Nährstoffe – ihre Ernte bedeutet Nährstoff-Entzug – und sie müssen in einem ihnen fremden Naturraum vor der übermächtigen Konkurrenz von Wildpflanzen geschützt werden. Beide Voraussetzungen werden in der modernen Landwirtschaft durch hochentwickelte Agrartechnik, insbesondere chemischer Pflanzenschutz und Mineraldüngung geschaffen und garantieren sehr hohe Erträge. In der Vergangenheit mußte man sich zur Sicherung der Nachhaltigkeit – sieht man von so ausgeklügelten Verfahren wie der Plaggenwirtschaft ab – überwiegend mit

Gaienhofen - Hornstaad HOB

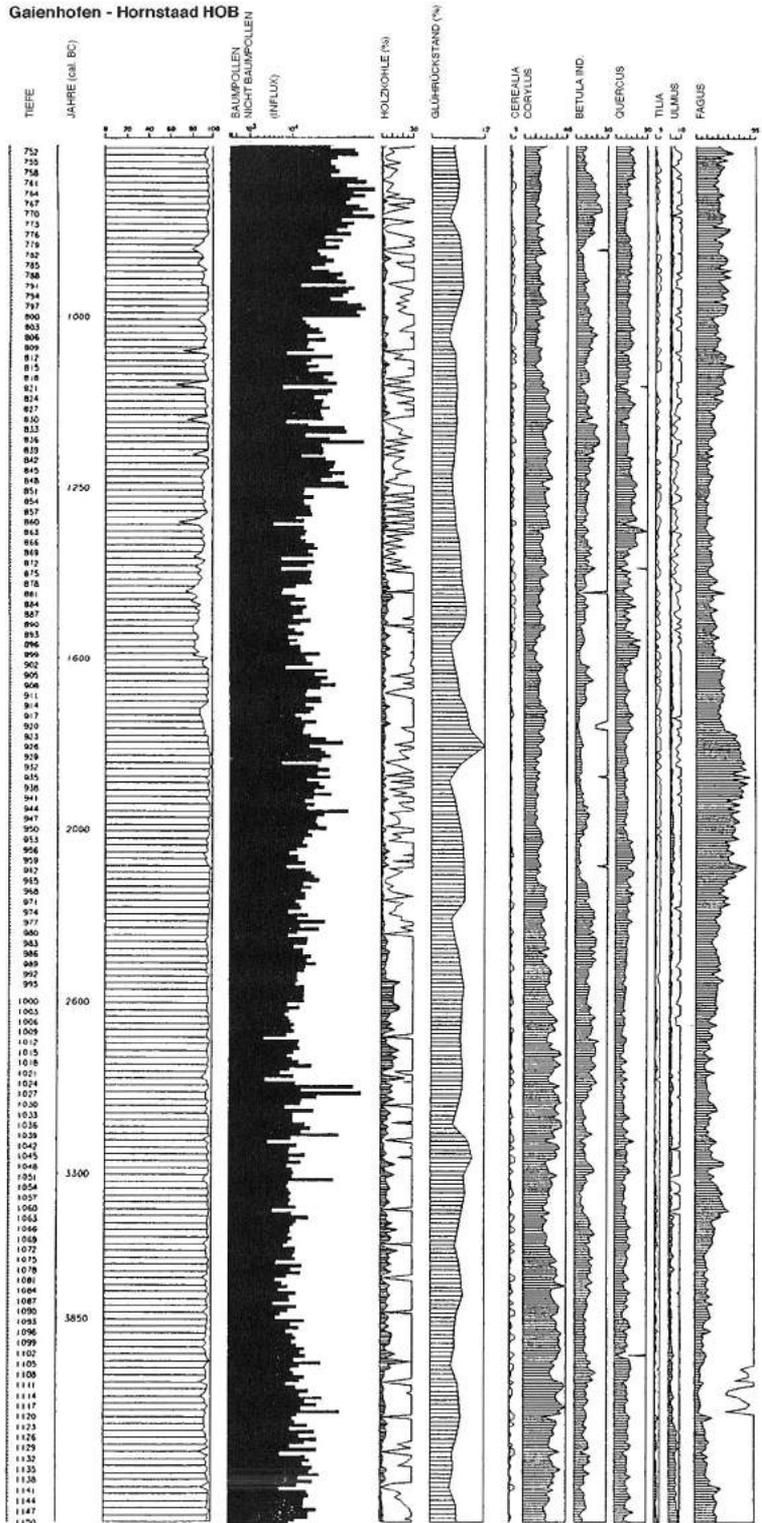


Abb. 1 Pollendiagramm aus der Flachwasserzone des Bodensees bei Hornstaad (Ausschnitt). Siderische Zeitachse. Die Nichtbaumpollenwerte (weiße Kurve in der Spalte rechts neben der Zeitskala) sind in der Bronzezeit (etwa zwischen 1600 und 850 B.C.) deutlich erhöht. Die Holzkohlewerte sind im Neolithikum (etwa zwischen 3950 und 2550 B.C.) besonders hoch. Im gleichen Zeitraum treten ausgeprägte sekundäre Haselmaxima auf.

Brache- und Fruchtfolgen behelfen und dabei mit niedrigen Erträgen begnügen.⁶ Im Verlauf der landwirtschaftlichen Entwicklung seit der Linearbandkeramik gab es nicht nur einen Wandel bei den bevorzugten Kulturpflanzen, sondern auch bei der Art und Weise, wie die Felder bewirtschaftet wurden, und das eine hängt mit dem anderen zusammen. Während wir für die historische Zeit auf geschichtliche Quellen zurückgreifen können und daher über die Umstände und Bedingungen beispielsweise der mittelalterlichen Dreifelderwirtschaft einigermaßen im Bilde sind, tappen wir für die Vorgeschichte völlig im Dunkeln und sind auf modellhafte Interpretationen, abgeleitet aus archäologischen und archäobotanischen Beobachtungen, angewiesen.

Für das Jungneolithikum im Alpenvorland wurde aufgrund von botanischen Großresten aus Feuchtbodensiedlungen und von Pollendiagrammen, insbesondere durch den Vergleich mit den bronzezeitlichen Verhältnissen als landwirtschaftliches Modell, ein Wald-Feldbau postuliert.⁷ Demnach sollten die Felder, durch Einschlag eines Laubmischwaldes entstanden, nach wenigjähriger Nutzung aufgelassen worden sein und sich in einer langjährigen Brachephase zu einem Niederwald entwickelt haben, der dann erneut auf Stock gesetzt und ackerbaulich genutzt wurde. Die wichtigsten Indizien für eine solche Bewirtschaftung und die daraus resultierende Kulturlandschaft, die geprägt ist durch Schlagfluren, Gebüsche, Niederwälder, aber wenig gehölzfreies Offenland, sind in den Pollendiagrammen (Abb. 1):

– starker Rückgang von Buche, Linde, Ulme bei gleichzeitiger kräftiger Zunahme von Birke und vor allem Hasel. Diese sogenannten sekundären Haselgipfel sind ein altbekanntes Phänomen,⁸

– Auftreten von Getreidepollen und anderen Kulturzeigern, aber insgesamt nur minimale Zunahme der Nichtbaumpollen, – starker Anstieg der Kurve mikroskopischer Holzkohlepartikel als Hinweis auf Flächenbrände (Abflämmen der Schlagfluren vor der Feldbestellung).

Bei den botanischen Großresten aus Kulturschichten (Abb. 2):

– hoher Sammelpflanzenanteil mit Herkunft von Schlägen, Säumen, Gebüsch, – keine ausgeprägte Segetalflora und -vegetation; Ackerunkrautspektren dominiert von ausdauernden Pflanzen mit heutigem Verbreitungsschwerpunkt außerhalb der Felder, – keine typische Grünlandvegetation, – Dominanz von tetraploidem Nacktweizen bei den Kulturpflanzen.

Für alle diese Phänomene scheint derzeit Wald-Feldbau die einfachste, umfassendste und plausibelste Erklärung (Abb. 3) zu sein. Dennoch sind natürlich noch viele Fragen offen, u.a. aus welchen Beweggründen diese Wirtschaftsweise im Spätneolithikum praktiziert wurde, wogegen zuvor, soweit man den weniger aussagekräftigen Quellen Glauben schenken darf, im Frühneolithikum eher Daueranbau betrieben wurde.⁹ Auch der erneute Übergang zu Kurzbrache-Systemen bereits im Endneolithikum ist weder in seinen Abläufen noch in seinen Ursachen erforscht und nachvollziehbar.

2. Die Anbauversuche in Wackershofen – Versuchsansatz, Naturraum, Organisation

Ein Teil dieser offenen Fragen läßt sich durch experimentellen Nachvollzug der alten Anbauweisen beantworten. Der Rückgriff auf den historisch belegten Wald-

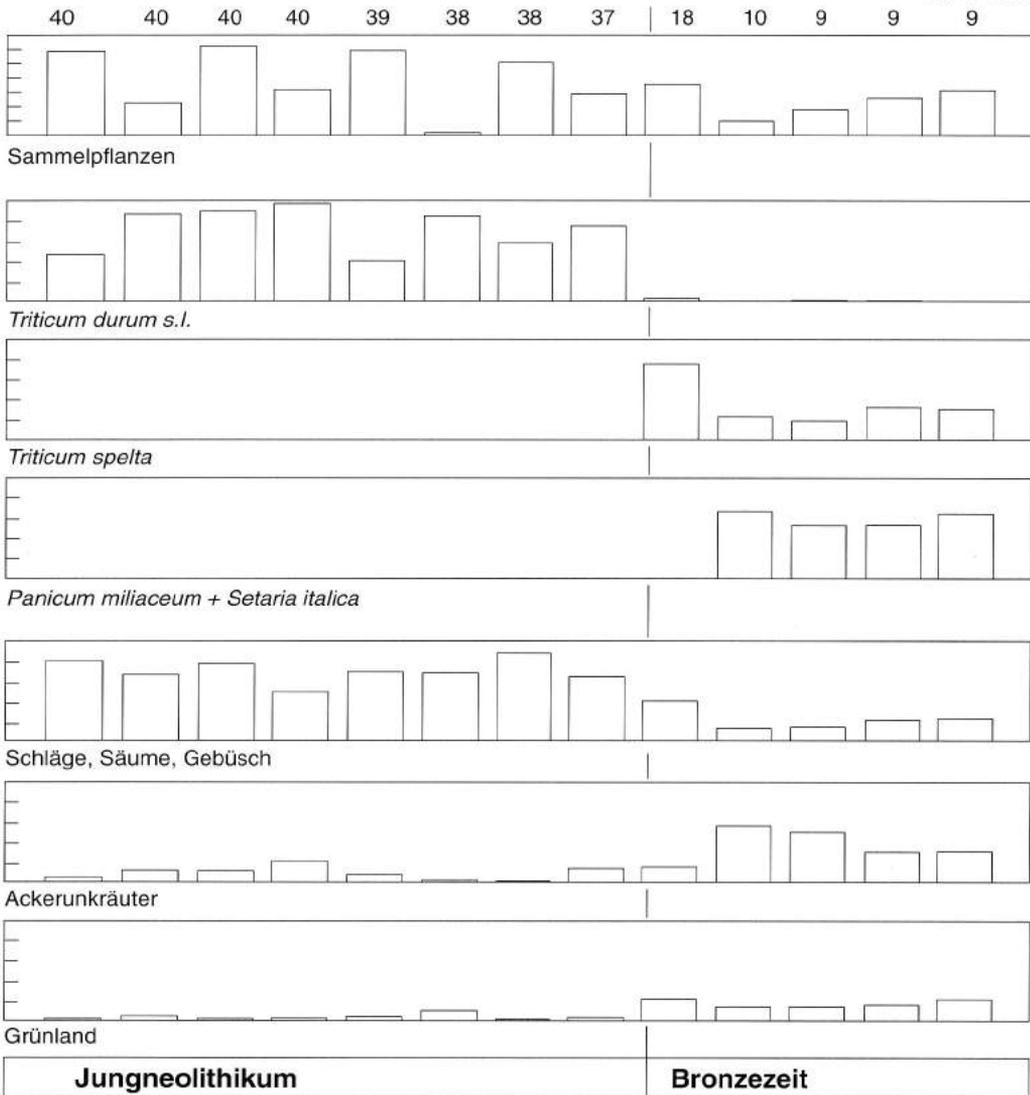
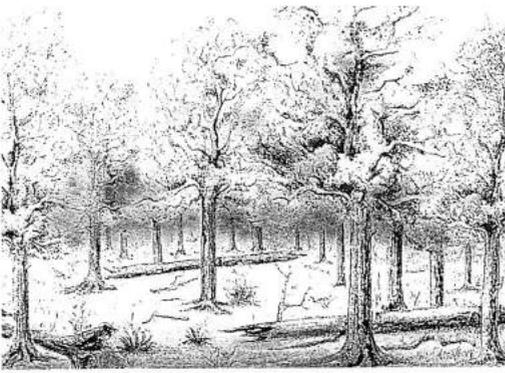


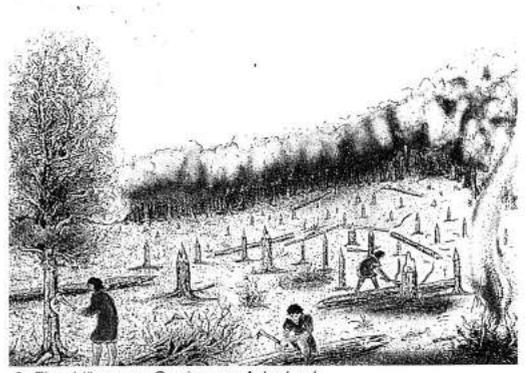
Abb. 2 Pflanzenreste aus Feuchtbodensiedlungen des Alpenvorlandes. Vergleich von acht jungneolithischen und fünf bronzezeitlichen Plätzen. Die Säulen bedeuten Anteile aufgrund von Stückzahlen an bestimmten Grundsummen. Ein Teilstrich entspricht 10 %. Grundsumme bei den Sammelpflanzen sind die gesamten Pflanzenreste, bei den Getreidearten die Summe der Getreidereste und bei den ökologischen Wildpflanzenresten die Summe der Wildpflanzenreste.

Feldbau in den Mittelgebirgen und seine wissenschaftliche Dokumentation hilft nur begrenzt weiter, da die naturräumlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen völlig unterschiedlich sind.¹⁰

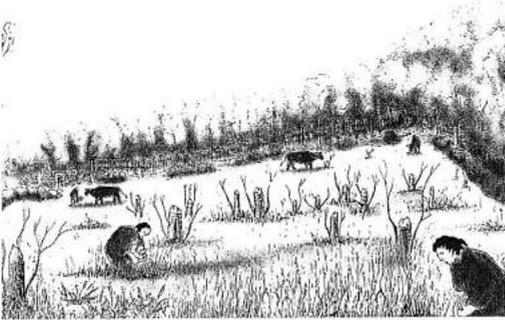
Im Jahre 1993 wurde daher im Hohenloher Freilandmuseum Schwäbisch Hall-Wackerhofen mit Anbauversuchen begonnen. Die Versuchsanordnung sieht einen Waldfeldbau vor, wie er im Neolithikum stattge-



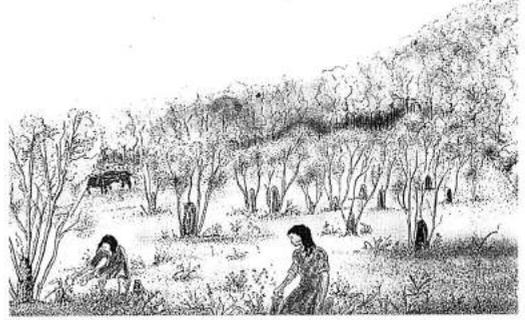
1 Rotbuchen- und Sommerlinden-Mischwälder.



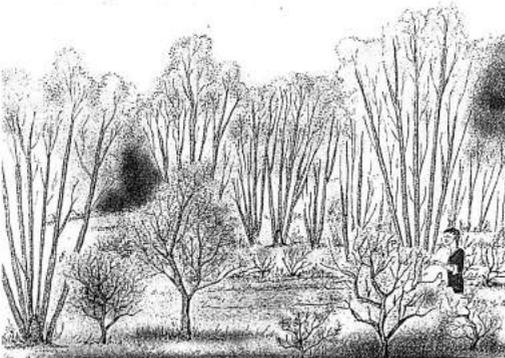
2 Einschläge zum Gewinn von Ackerland.



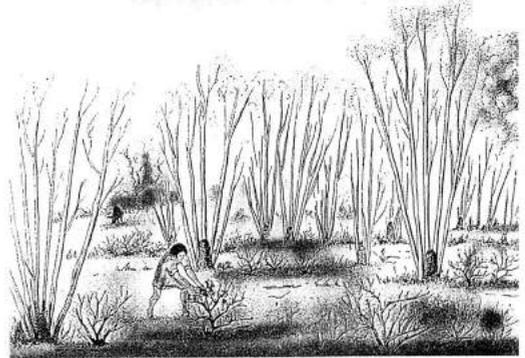
3 Ackerbau.



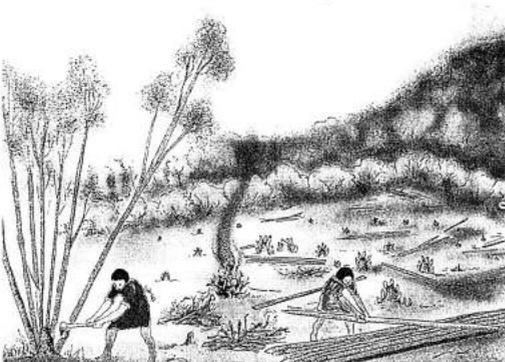
4 Beginn der Wiederbewaldung.



5 Niederwald-Stadium mit Hasel und Holzapfel.



6 Strauchfrüchte als wertvolles Sammelgut.



7 Wiedereinschlag zur erneuten Anlage von Äckern.

Abb. 3 Modell für den Ablauf eines neolithischen Wald-Feldbaus. Rösch, M. 1990: Veränderungen von Wirtschaft und Umwelt während Neolithikum und Bronzezeit am Bodensee. In: Berichte der römisch germanischen Kommission. Mainz 1990, 161-186.

funden haben könnte, parallel dazu eine Feld-Gras-Wirtschaft, wie sie für das frühe Mittelalter angenommen wird, und eine hoch-/spätmittelalterliche Dreifelderwirtschaft.¹¹ Zusätzlich soll anhand einer Fläche mit Daueranbau von Getreide ohne Fruchtwechsel, Brache oder Düngung der Frage nachgegangen werden, wie sich die Ertragslage unter solchen Voraussetzungen langfristig entwickelt.

Grundlage der empirisch arbeitenden Naturwissenschaften ist das Experiment. Es liefert unter standardisierter und kontrollierter Versuchsanordnung reproduzierbare Ergebnisse. Die Zahl der Variablen innerhalb der Versuchsanordnung sollte dabei möglichst klein sein, wenn man zu präzisen Aussagen gelangen will. Experimente in diesem strengen Sinn sind in der Paläo-Ökologie nicht möglich, denn weder ist es möglich, die Rahmenbedingungen, also beispielsweise Böden, Witterungsverlauf, biotische Kalamitäten, zu standardisieren, noch kann die Zahl der Variablen stark eingeschränkt werden. Ein Hauptziel der Versuche muß es daher sein, gerade für den Wald-Feldbau und die Feld-Gras-Wirtschaft, aus einer Vielzahl denkbarer und mit den Quellen in Einklang stehender Möglichkeiten der Bewirtschaftung durch Versuch und Irrtum die effektivste und somit plausibelste herauszufinden. Im Detail wissen wir nämlich aufgrund archäologischer Quellen sehr wenig über Agrartechnik, Fruchtwahl, Fruchtfolgen usw.

Das Freilandmuseum Wackershofen liegt am Westrand der Haller Ebene nahe der Keuper-Schichtstufe der Waldenburger Berge in etwa 350 m ü NN. Aufgrund der Höhenlage herrscht ein für Getreidebau gut geeignetes Klima. Die örtlichen Witterungsdaten werden im Rahmen der Versuche durch eine eigene Klimastation erfaßt. Bis zur bewaldeten Steilstufe steht

Gipskeuper an, stellenweise mit dünner Lößauflage, der basenreiche, aber sehr schwere, tonige Böden liefert, die für eine neolithische Nutzung nicht unbedingt optimal sind. Andererseits ist Besiedlung und Landnutzung im Haller Raum seit der Linearbandkeramik archäologisch belegt.¹²

Die historischen Versuchsteile Dreifelderwirtschaft, Feld-Gras-Wirtschaft und Dauerfeld sind zentral im Museumsgelände auf seit alters landwirtschaftlich genutzten Flächen angelegt. Glücklicherweise wurden sie in den letzten Jahren vorwiegend als Grünland und nicht sehr intensiv bewirtschaftet, so daß die Nährstoffakkumulation durch Mineraldüngung vergleichsweise gering ist. Der Wald-Feldbau findet an der Peripherie nahe der Keuper-Steilstufe statt. Verfügbare homogene Flächen nicht zu starker Neigung und mit geeigneter Bestockung sind leider rar und kleinflächig. Kriterien sind das weitgehende Fehlen von exotischen Nadelhölzern, also vor allem der Fichte und Gemischtaltrigkeit sowie möglichst große Artenvielfalt bei den Gehölzen. Das Auftreten der für das Neolithikum nicht authentischen Hainbuche nehmen wir billigend in Kauf. Diesbezüglich günstige Bedingungen sind kleinflächig in alten Bauernwäldern gegeben. Aufgrund der völlig anderen Vorgeschichte wird ein direkter Vergleich mit den übrigen Versuchsteilen nicht möglich sein, zumal jeweils mit authentischen Getreidearten gearbeitet wird: im Mittelalter mit Roggen, Dinkel und Hafer, im Neolithikum mit Nacktweizen (derzeit Saat-, künftig bevorzugt Hartweizen) und Gerste.

Aufgrund der standortbedingten Einschränkungen wird derzeit eine räumliche Ausweitung in ein Waldgelände nördlich Forchtenberg am Kocher vorbereitet, das von der Landesforstverwaltung für die Versuche zur Verfügung gestellt wird. Dort

sind bezüglich Substrat, Relief und Bestockung optimale Voraussetzungen für die Anbauversuche gegeben.

In den kommenden Jahren müssen, ausgehend von den mittelalterlich-neuzeitlichen Parallelen und des aufgrund archäologischen Wissens für das im Neolithikum technisch Mögliche, zunächst die agrartechnisch-landbaulichen Maßnahmen geklärt werden. Das bedeutet, nachdem die Frage des Brennens nach den ersten Durchläufen eindeutig zu dessen Gunsten entschieden scheint, zum Beispiel: Saatlöcher, Saatlücken oder Breitwurf? Es bedeutet: Einhacken und Festtrampeln der Saat, ja oder nein?¹³ Weiterhin müssen Zeitpunkt von Schlag, Brand und Feldbestellung geklärt werden. Gab es nur Winterfrucht, nur Sommerfrucht oder beides? Gab es eventuell einen Wechsel zwischen beiden und gab es Fruchtfolgen? Die seitens der Archäobotanik postulierte Fruchtfolge Nacktweizen – Gerste scheint aus Sicht des Pflanzenbauers nicht unproblematisch und auch nicht erforderlich.¹⁴ War die Anbauphase einjährig, zweijährig oder länger und wie lange dauerte die Brachephase? Wann und wie wurden die Flächen beweidet? Daß grundsätzlich beweidet wurde, scheint uns außer Frage zu stehen. Wie wurden Saatbettbau und Entkrautung im zweiten Anbaujahr bewerkstelligt, mit Brennen, Beweidung oder in Handarbeit? Selbst die Methode des Brennens ist als solche noch ungeklärt. Ob die historischen Techniken einfach übernommen werden können, scheint fraglich. Hier sind eine Menge entscheidender Details zu klären, bevor man mit einem grundsätzlichen Ergebnis zur Kardinalfrage Aufwand, Ertrag und Nachhaltigkeit eines jungsteinzeitlichen Wald-Feldbaus rechnen kann. Die Gesamtdauer eines Bewirtschaftungszyklus von mindestens 15 Jahren macht aus

dem Projekt auf jeden Fall ein Langzeitunternehmen.

Der Versuch ist nach dem Baukastenprinzip konzipiert: Über ein Grundprogramm hinaus ist er nahezu beliebig erweiterbar durch neue, hier angelegte Fragestellungen und Methoden. Derzeit laufen über das landbauliche Grundprogramm hinaus folgende Untersuchungen: Lokales Wuchsklima, Nährstoffgehalt der Böden und deren Veränderung, Vegetation, ihre Veränderung und ihr Niederschlag im Pollenregen, Erfassung der Boden-Samenbank. Sozusagen ein Begleitprogramm bilden landschaftsökologisch-landschaftsgeschichtliche Studien mit dem Ziel, die Kulturlandschaft des Freilandmuseums authentischer zu machen und sie dem Hausbestand anzupassen.¹⁵

Träger der Versuche ist das Hohenloher Freilandmuseum Schwäbisch Hall-Wackershofen. Für die Planung und Durchführung der Versuche hat sich ein wissenschaftlicher Arbeitskreis zusammengefunden, dem derzeit Fachleute des Landesdenkmalamtes und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, sowie der Universitäten Hohenheim, Freiburg und Würzburg angehören. Ein wissenschaftlicher Beirat soll die langfristigen Perspektiven aufzeigen und ihre Umsetzung sichern.

Anmerkungen

- 1 WILLERDING, U. 1991, 3-30.
DERS. 1991, 25-51.
- 2 LANG, G. 1994. 19 ff.
- 3 BEHRE, K.-E., JACOMET, 1991, 81-108.
- 4 MILLER, N. F. 1991, 133-160.
- 5 FIRBAS, F. 1934, 109-145.
- 6 BEHRE, K.-E. 1976, 197-224.
ABEL, W. 1978.
- 7 RÖSCH, M. 1987, 42-53.
DERS. 1996, 65-79.
- 8 FIRBAS, F. 1949, 15 ff.

- 9 WILLERDING, U. 1983, 203 ff.
LÜNING, A., KALIS, J. 1992, 41-46.
BEUG, H. J. 1992, 261-339.
- 10 WILMANN, O., SCHWABE-BRAUN, A., EMTER, M. 1979, 983-1024.
POTT, R. 1985, 1-75.
- 11 ABEL 1978, 20 ff. (Anm. 6).
- 12 ZÜRN, H. 1965, 18 ff.
- 13 Die Frage der Saatbettbereitung und Saat-technik scheint nach den bisherigen Versuchen mittlerweile geklärt zu sein: vgl. Beitrag U. BAUER, in diesem Band.
- 14 Hier sind nach U. BAUER (vgl. Beitrag in diesem Band) reine Winterfrucht-Folgen am wahrscheinlichsten. Ob bei längerfristigen Anbauzyklen im Waldfeld Ertragseinbußen eintreten, oder ob die N-Vorräte für viele Jahre ausreichen, wird durch Daueranbau im Waldfeld zu klären sein.
- 15 KONOLD, W. 1996, 6-22.

- LANG, G. 1994: Quartäre Vegetationgeschichte Europas. Jena, Stuttgart, New York 1994, 19 ff.
- LÜNING, A., KALIS, J. 1992: The influence of Early Neolithic settlers on the vegetation of the Lower Rhinelands and the determination of cleared areas based on archaeological and palynological criteria. In: Frenzel, B. (Hrsg.), Evaluation of land surfaces cleared from forests by prehistoric man in Early Neolithic times and the time of migrating Germanic tribes. Jena, Stuttgart, New York 1992, 41-46.
- MILLER, N. F. 1991: The Near East. In: Van Zeist, Wasylikowa, Behre (ed), Progress in Old World Palaeoethnobotany. Rotterdam 1991, 133-160.
- POTT, R. 1985: Vegetationsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen zur Niederwaldwirtschaft in Westfalen. Abhandlungen des Westfälischen Museums für Naturkunde, Münster 47, 4, 1985, 1-75.
- RÖSCH, M. 1987: Zur Umwelt und Wirtschaft des Neolithikums am Bodensee – Botanische Untersuchungen in Bodman-Blissenhalde. Archäologische Nachrichten aus Baden, 38/39, 1987, 42-53.
- DERS. 1996: New approaches to prehistoric land-use reconstruction in south-western Germany. Vegetation History and Archaeobotany 5, 1996, 65-79.
- WILLERDING, U. 1983: Zum ältesten Ackerbau in Niedersachsen. Archäologische Mitteilungen in Nordwestdeutschland, Beiheft 1, 1983, 203 ff.
- WILLERDING, U. 1991: Die Paläo-Ethnobotanik und ihre Stellung im System der Wissenschaften. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 91, 1974, 3-30.
- DERS. 1991: Präsenz, Erhaltung und Repräsentanz von Pflanzenresten in archäologischem Fundgut. In: Van Zeist, Wasylikowa, Behre (ed), Progress in Old World Palaeoethnobotany. Rotterdam 1991, 25-51.
- WILMANN, O., SCHWABE-BRAUN, A., EMTER, M. 1979: Struktur und Dynamik der Pflanzengesellschaften im Reutwaldgebiet des mittleren Schwarzwaldes. Doc. phytosoc. N. S. 4, 1979, 983-1024.
- ZÜRN, H. 1965: Katalog Schwäbisch Hall. Veröffentlichungen des Staatlichen Amtes für Denkmalpflege Stuttgart. Reihe A, Vor- und Frühgeschichte, Heft 9, 1965, 18 ff.

Literatur

- ABEL, W. 1978: Geschichte der deutschen Landwirtschaft, 3. Auflage. Stuttgart 1978.
- BEHRE, K.-E. 1976: Beginn und Form der Plaggenwirtschaft in Nordwestdeutschland nach pollenanalytischen Untersuchungen in Ostfriesland. Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen 10, 1976, 197-224.
- BEHRE, K.-E., JACOMET, S. 1991: The ecological interpretation of archaeobotanical data. In: Van Zeist, Wasylikowa, Behre (ed), Progress in Old World Palaeoethnobotany. Rotterdam 1991, 81-108.
- BEUG, H. J. 1992: Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen über die Besiedlung im Unteren Eichsfeld, Landkreis Göttingen, vom frühen Neolithikum bis zum Mittelalter. Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen 20, 1992, 261-339.
- FIRBAS, F. 1937: Über die Bestimmung der Wald-dichte und der Vegetation waldloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse. Planta 22, 1934, 109-145.
- FIRBAS, F. 1949: Waldgeschichte Mitteleuropas, Erster Band, Jena 1949, 15 f.
- KONOLD, W. 1996: „Liebliche Anmut und wechselnde Szenerie“ – Zum Bild der ehemaligen Kulturlandschaft in Hohenlohe. Hohenloher Freilandmuseum, Mitteilungen 17, 1996, 6-22.

Anschrift des Verfassers

Univ. Doz. Dr. Manfred Rösch
Landesdenkmalamt Baden-Württemberg
Fischersteig 9
D-78343 Hemmenhofen

Bodenfunde und Experimente zu keltischem Bier

Hans-Peter Stika

Späthallstatt-/frühlatènezeitliche archäobotanische Ausgrabungsbefunde aus Hochdorf in Südwestdeutschland legen den Schluß nahe, daß Reste einer Gerstenmalzbereitung vorliegen. Durch Ankeim- und Verkohlungsversuche mit heutigen Spelzgerstenkörnern konnte gezeigt werden, daß die nur schwachen Ankeimspuren der vorgeschichtlichen Reste morphologisch dem Malz eines Brauvorganges entsprechen. Anschließend wird versucht, das Zustandekommen der Hochdorfer Bodenfunde sowie keltisches Darren und Brauen rein gedanklich zu rekonstruieren. Dann geben Beschreibungen des Nachbrauens von „Keltenbräu“ im Juni 1996 in einer modernen Brauanlage einen Eindruck vom möglichen Geschmack keltischen Bieres. Abschließend wird die Vorgehensweise aufgezeigt, die für einen Nachbrauversuch im Sinne der Experimentellen Archäologie in Planung ist.

Einleitung

Bereits während der Ausgrabung einer vorgeschichtlichen Siedlungsfläche in Eberdingen-Hochdorf, Kreis Ludwigsburg in Südwestdeutschland, konnte eine Ansammlung verkohlter Getreidekörner entdeckt werden.

Von insgesamt 250 archäobotanischen Bodenproben aus vier Siedlungsarealen der frühen Kelten im mittleren Neckarland (Abb. 1) fiel dieser Befund nicht nur durch seine reine Kornschicht aus dem Rahmen. Auch die ergrabene Struktur eines schlitzartigen Grabens hob sich deutlich von den ansonsten beprobten Erdkellern und Grubenhäusern ab. Als dann bei genauerem Betrachten der Gerstenkörner unter einer Binokularlupe schwache Ankeimspuren ins Auge fielen, drängte sich die Frage auf, ob der ergrabene Befund in Zusammenhang mit Bierbrauen stehen könnte. Die aus antiken Schriften der Griechen und Römer (versch. Autoren zit. in LENZ 1859, 41 ff.) wohlbekannte Bierbrautradition der Kelten konnte bisher leider nicht sicher durch Bodenfunde belegt werden. Bisher liegen aus dem keltischen Südwestdeutschland Untersuchungen an Gefäßrückständen aus dem Nördlinger Ries vor, wo die Bearbeiter B. Gram und J. Größ glauben, anhand mikroskopischer Befunde von Hefezellen, Pilzsporen und Getreidespreu auf das ehemalige Vorhandensein von Bier schließen zu können, das einen Zusatz von Honig enthielt, wie aufgrund einer Anhäufung von Pollen vermutet wird (zit. in HOPF 1976, 530 ff.). Die aufgeführten Belege sind allerdings kritisch zu betrachten und nicht zwingend.

Die schriftlichen Quellen aus der Antike geben keine Auskunft über den Brauvorgang selbst. Der Hinweis von Plinius, daß das berauschende Getränk aus nassem Getreide gebraut und unterschiedlich zubereitet wurde sowie mitunter lange haltbar war (zit. in LENZ 1859, 263), hilft beim Verständnis des Brauvorganges nicht entscheidend weiter. Könnte vielleicht der vorliegende Bodenfund neue Informationen liefern? Hierzu müßte aber zuerst überprüft werden, wie plausibel die Ar-

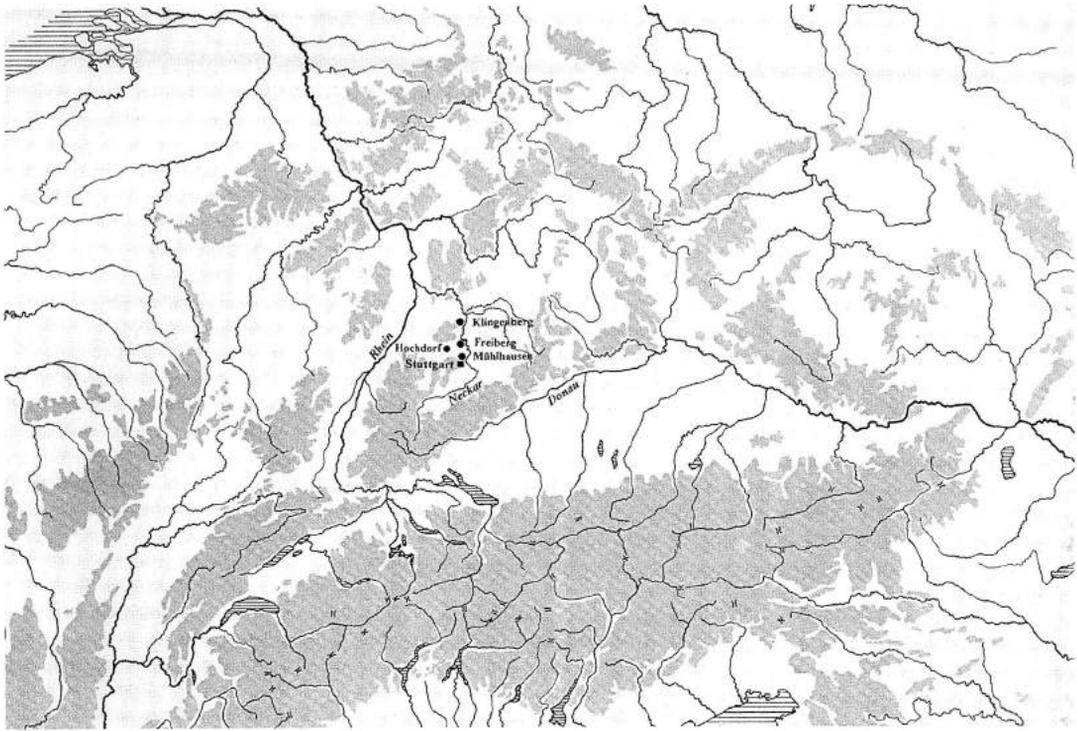


Abb. 1 Lage der genannten Fundorte der Späthallstatt-/Frühlatènezeit im mittleren Neckarland in Südwestdeutschland.

beitshypothese ist, daß der ergrabene Befund mit einem Brauvorgang in Verbindung stand.

Archäologische und archäobotanische Befunde

In den Jahren 1989 bis 1993 konnte in Eberdingen-Hochdorf im Gewann „Reps“ eine Siedlung der Zeitstufe Späthallstatt/Frühlatène auf 2,65 ha ausgegraben und systematisch erfaßt werden (zuletzt BIEL 1994, dort weitere Lit.). Neben einem großen Schwellbalkenhaus, Pfostenstellungen wohl von Speicherbauten und Zaunsystemen, wurden zahlreiche Kegelstumpfgruben (Erdkeller, Silograben) und Grubenhäuser sowie sechs U-förmige Gräben ausgegraben. Insgesamt wurden

174 Bodenproben mit einem Gesamtvolumen von 1216 Litern archäobotanisch untersucht. Bei der Beprobung standen die Kegelstumpfgruben (154 Proben aus 108 Gruben) im Vordergrund. Zudem wurden 14 Proben aus sechs Grubenhäusern und acht Proben aus drei U-förmigen Gräben untersucht. Aus drei weiteren Fundorten der Stufe Späthallstatt/Frühlatène in Stuttgart-Mühlhausen „Viesenhäuser Hof“, Freiberg-Beihingen „Gänsweidle“ und Heilbronn-Klingenberg „Schloßäcker“ (STIKA 1996a, 51 ff.) gelangten weitere 76 Proben aus Kegelstumpfgruben zur Untersuchung. Die Proben aus Hochdorf erbrachten insgesamt 80696 bestimmbare Pflanzenreste (ohne Holzkohlen), die bei einer Mindestanzahl von 195 Pflanzenarten 29 Kultur- und Nutzpflanzenarten zugeordnet werden konnten (vgl. STIKA o.J., Tab. 4). Die Ge-



Abb. 2 Sieben verkohlte Spelzgerstenkörner aus der frühkeltischen Ausgrabung Hochdorf „Reps“, schwache Ankeimspuren zeigend (7,5 x).

treidereste dominieren sowohl nach Fundzahlen als auch nach den Stetigkeiten ihres Auftretens in den Einzelproben deutlich vor Unkräutern, Grünlandarten und weiteren Kultur- und Nutzpflanzen. Pflanzen von ausdauernden Ruderalfluren, Gebüschern, Waldrändern, Wäldern oder Feuchtstandorten sind nur mit wenigen Resten belegt. Unter den Getreiden stehen Kornfunde der Spelzgerste (*Hordeum vulgare*) mit deutlichem Abstand an erster Stelle, gefolgt von Dinkel (*Triticum spelta*) und Einkorn (*T. monococcum*). Von Rispenhirse (*Panicum miliaceum*), Saat-/Rauweizen (*Triticum aestivum* s.l./*T. turgidum* s.l.), Emmer (*T. dicoccum*), Hafer (*Avena* sp.) und Nacktgerste (*Hordeum vulgare* var. *nudum*) liegen nur wenige Funde vor. Kolbenhirse (*Setaria italica*) und Roggen (*Secale cereale*) sind nur durch Einzel-funde belegt. Die nachgewiesenen Spreureste stammen vor allem von Dinkel, gefolgt von Einkorn und Gerste (vgl. STIKA o.J., Tab. 1).

Betrachten wir nun die drei untersuchten U-förmigen Gräben aus Hochdorf genauer. Während in dem Graben 1900/1 nur wenige Körner gemischt mit Spreu, Unkräutern und Grünlandresten gefunden wurden, liegen aus den Gräben 1600/4 und 2202/3 (Umzeichnung s. STIKA 1996b Abb. 2; sowie Befundfotographie STIKA

1996c, 66) fast ausschließlich Gerstenkörner (98,4% der Körner) in gut gereinigtem Zustand zusammen mit sehr wenigen Spreuresten und Unkrautsamen (vgl. Tab. 1, STIKA 1996b) vor. Bei genauer Analyse der Körner unter einer Binokularlupe konnten schwache Ankeimspuren festgestellt werden. Auf dem Rücken der Gerstenkörner sind rinnige Eintiefungen zu sehen, der Rücken ist eingedellt, die Keimlingsgrube ist apikal verkehrt V-förmig erweitert oder die Keimwurzelscheide ist – sofern erhalten – stark gequollen (s. Abb. 2, vgl. STIKA 1996b, Abb. 3). Vereinzelt konnten auch separate verkohlte Keimlinge und Keimwurzelscheiden geborgen werden, die jedoch fragmentiert und schlecht erhalten vorlagen. Während in den Gräben 1600/4 und 2202/3 viele tausend Gerstenkörner in angekeimtem Zustand auftraten, wurden in den übrigen Proben aus vier frühkeltischen Siedlungen lediglich wenige angekeimte Einzelkörner gefunden.

Nicht nur die Keimspuren an den Gerstenkörnern aus den beiden U-förmigen Gräben grenzen diese Proben von allen anderen ab, sondern auch bei statistischen Analysen (Statistikprogramm Mulva der ETH-Zürich) der archäobotanischen Fundzusammensetzungen der Einzelproben aus Hochdorf, Beihingen und Mühlhausen werden diese beiden Befunde sehr deutlich

ausgegrenzt. Clusteranalysen sowohl der quadratwurzeltransformierten Fundzahlen als auch der Relativwerte (Probengesamtfundzahlen jeweils = 100 %) trennen bei Anwendung unterschiedlicher Ähnlichkeitsberechnungen diese Proben bereits auf höchstem Niveau von allen anderen Proben ab.

Der gleichmäßig schwache Ankeimgrad der Gerstenkörner und die Reinheit der Kornansammlung scheinen mit der Struktur der U-förmigen Gräben in Zusammenhang zu stehen. Alle weiteren Überlegungen zu einem Brauvorgang hängen nun aber davon ab, ob der Malzgrad der schwach angekeimten Gerstenkörner für einen Brauanatz ausgereicht hätte oder ob die Keimspuren auch auf andere Ursachen zurückgeführt werden können.

Ankeim- und Verkohlungsversuche mit heutigen Spelzgerstenkörnern

Zur Untersuchung des Keimverhaltens und der morphologischen Ausprägung gekeimter Spelzgerste wurden unterschiedliche Versuchsansätze gewählt. Bepelzte sowie mit Pinzette entspelzte Spelzgerstenkörner wurden sechs Stunden lang bei Zimmertemperatur (21 °C) eingeweicht und anschließend auf feuchter Zellulose in Petrischalen ausgebracht. Ein Temperaturansatz wurde daraufhin im dunklen Klimaschrank bei 80 % relativer Luftfeuchte auf 10 °C heruntergekühlt, weitere Ansätze im dunklen Keller (14-15 °C) und bei Zimmertemperatur (18-25 °C) im hellen Arbeitsraum zum Keimen gebracht. Nach 2, 3, 4 und 5 Tagen wurden jeweils ein Satz à 100 Körner entnommen und ihr Ankeimgrad bestimmt. Hierfür wurden die Quellung des Keimblattes (*Scutellum*) bzw. der Wurzelscheide (*Koleorhiza*), das Auswachsen von

Keimwurzeln (*Radiculae*) und das Längenwachstum der Keimscheide (*Koleoptile*) herangezogen und der Ankeimgrad im Zeitverlauf als Diagramme aufgetragen (s. STIKA 1996b, Abb. 4).

Als Ergebnis konnte festgestellt werden, daß die Spelzweizenkörner im gekühlten Dunkelansatz nach 5 Tagen Keimdauer einen Ankeimgrad erreicht hatten, bei dem eine gleichmäßige, schwache, äußerlich sichtbare Keimung erfolgt war. Die innere Keimung, die in Bezug auf unsere Fragestellung ebenfalls wichtig ist, hat durch das vom Keimling gebildete Enzym Diastase eine enzymatische Umsetzung der Speicherstärke in Malzzucker eingeleitet. Beim Keimungsansatz im dunklen Keller verlief die Keimung unregelmäßiger und durch die höhere Temperatur auch schneller. Bei Zimmertemperatur waren die Körner nach 2 Tagen bereits ergrünt und die Speicherstärke nach kurzer Zeit für das kräftige Wachstum aufgebracht.

Ein kühler, dunkler, gleichmäßig feuchter Ankeimort ist für die Malzbereitung am geeignetsten. Zum einen soll für Brauzwecke eine hohe Enzymaktivität erreicht werden, zum anderen aber ein starkes Wachstum von Keimwurzeln sowie der Keimscheide und damit ein Verbrauch der mobilisierten Stärke oder ein Ergrünen des Keimlings weitgehend vermieden werden. Die innere Keimung sollte gegenüber der äußeren Keimung bevorzugt ablaufen, was bei tiefen Temperaturen der Fall ist.

Das Aussehen der gekeimten Körner, die einen optimalen Malzgrad erreicht haben, ist folgendermaßen: Die Keimwurzeln sind gut entwickelt, aber nicht miteinander verfilzt. Der Keimling beginnt auszuwachsen, ist aber nicht ergrünt und hat noch nicht die Kornlänge erreicht (vgl. STIKA 1996b, Abb. 5). Teilweise durchbrechen die Keimlinge die basalen Deckspelzen oder diese

reißen der Länge nach auf und ermöglichen eine ungehinderte Koleoptilenentwicklung. Teilweise wachsen die Koleoptilen bei längerer Keimdauer zwischen Korn und Spelze entlang, hinterlassen rinnige Eintiefungen auf dem Kornrücken und treten apikal aus. Die von PIENING (PIENING 1988, 332 ff.) beschriebenen Ankeimversuche mit heutigen Spelzweizenkörnern von Einkorn, Emmer und Dinkel ergaben ausgeprägte rinnige Eintiefungen auf den Kornrücken, durch die kräftigen Spelzen der Spelzweizen hindurch wurde kein Durchwachsen der Koleoptilen beobachtet wie bei Spelzgerste.

Mit den Spelzgerstenkörnern des Ankeimversuches wurden, eingebettet in gereinigten Seesand, Verkohlungsversuche im Glühofen bei 250 °C bzw. 350 °C unternommen. Es zeigte sich, daß bei fortgeschrittener Keimung eine verkohlte Erhaltung ganzer Körner abnimmt. Wurden die angekeimten Körner im noch feuchten Zustand des Keimversuchs verkohlt, traten blasige Auftreibungen auf und die Erhaltung war sehr schlecht. Sie brachen häufig in der Mitte auseinander, wobei die obere Kornhälfte erhalten blieb und die basale Hälfte bei mechanischer Belastung zerstoßen wurde. Vorgetrocknete Körner (6 h im Trockenschrank bei 60 °C) verkohlten ohne weitere morphologische Veränderungen und blieben gut erhalten. Die verkohlten Keimwurzeln und Keimlinge sind sehr empfindlich und werden bei schwacher Beanspruchung völlig zerrieben. So bleiben an den verkohlten Körnern nur schwache Spuren des Keimvorgangs wie vergrößerte Keimlingsgruben, eingedellte Rückenflächen und selten rinnige Eintiefungen erhalten.

Die in Ankeim- und Verkohlungsversuchen erzeugten verkohlten Körner entsprachen morphologisch den in Hochdorf gefundenen Körnern. Die gleichmäßigen, schwa-

chen Ankeimspuren der keltischen Körner gehen wohl auf ein beabsichtigtes Ankeimen im Zuge einer Malzerzeugung unter günstigen Keimbedingungen zurück. Der hohe Reinheitsgrad der Ansammlung von Spelzgerstenkörnern, die gleichmäßige Keimung und das weitgehende Fehlen von Spreuresten lassen ein unkontrolliertes und unbeabsichtigtes Keimen der Körner beispielsweise noch auf dem Halm durch ungünstige Witterung vor der Ernte oder in einem feuchtgewordenen Vorrat unwahrscheinlich erscheinen. Auch für ein Ankeimen im Zuge einer kultischen Handlung (vgl. JACOMET 1986, 22 f.) liegen keine Hinweise vor. Die vorgeschichtlichen Körner aus Hochdorf waren vor dem Verkohlen wohl bereits vorgetrocknet, da ihr Erhaltungszustand vergleichsweise gut ist. Die vermutlich zur Malzerzeugung absichtlich angekeimten Gerstenkörner stellen einen sehr ungewöhnlichen Bodenfund dar (vgl. Auflistung angekeimter archäobotanischer Getreidefunde bei PIENING 1988, 335 f. und VAN ZEIST 1991, 118 ff.).

Rekonstruktionsversuch einer keltischen Darre in Hochdorf und eines möglichen Brauvorgangs

Wie wir im Vergleich mit Ankeim- und Verkohlungsversuchen an heutiger Spelzgerste gesehen haben, gibt es für das frühkeltische Hochdorf deutliche Hinweise auf ein gezieltes Mälzen. Es liegt nun nahe, auch den archäologischen Befund der U-förmigen Gräben in Zusammenhang mit einer Brauerei zu sehen. Könnte es sich bei den Gräben um ehemalige Darren handeln? Der archäologische Befund, daß die sehr reine, angekeimte Kornschicht, die dem anstehenden Löß in der Grabensohle direkt auflag, im oberen Teil auch

größere Holzkohlenstücke eingemischt enthielt, und daß die Schicht nach oben von Lehmziegelstücken abgedeckt war, könnte auf nachfolgend dargestellte Weise zustande gekommen sein: „Der Graben wurde als Darre benutzt. Eine schwache Feuerquelle an einem Ende erzeugte heiße Luft, die durch den geraden Graben strich und am anderen Ende durch eine kaminartige Struktur austrat. Die kanalartige Darre wies einen Aufbau aus Ziegeln mit einer Holzkonstruktion auf und war mit einem Flechtwerk abgedeckt, auf dem angekeimte Gerstenkörner ausgebreitet waren, um bei milder Hitze getrocknet zu werden. Aber nach einiger Zeit des regulären Trocknungsvorgangs sprang ein Funke des Darrfeuers auf den Holzaufbau und das Flechtwerk über und setzte beides in Brand. Die Abdeckung riß brennend der Länge nach auf, das daraufliegende Getreide fiel in den Graben und wurde vom nachstürzenden, brennenden Aufbau überdeckt. Die vorgetrockneten Körner verkohlten nun bei vermindertem Sauerstoffzutritt unter günstigen Bedingungen. Nach dem Brand wurden die oberirdischen Reste der abgebrannten Darre im Graben entsorgt und die Eintiefung zudem mit Löß und Lößlehm verfüllt und eingeebnet.“

Wäre die Darre nicht abgebrannt, dann wäre das Malz nach dem Trocken, was bei schwacher Hitzeeinwirkung einen ganzen Tag dauern kann (KRETSCHMER 1996, 79), wohl zu Bier weiterverarbeitet worden. Über weitere Verarbeitungsschritte bei den Kelten ist weder durch Bodenfunde noch durch schriftliche Quellen Näheres bekannt. Nachfolgende Überlegungen zu keltischem Bierbrauen bewegen sich demnach auf rein spekulativer Ebene: Das gedarrte Malz wurde auf einer Schiebemühle – Rundmühlen treten in Süddeutschland erst ab der Spätlaténezeit auf (vgl. JACOBI 1974) –

zu Schrot gemahlen und wohl zusammen mit ungekeimtem, ebenfalls geschrotetem Getreide mit frischem Quellwasser eingemaischt. Da im archäologischen Fundgut in Hochdorf keine entsprechenden großen Keramikgefäße auftraten, wird für das Maischen von einer Verwendung von Holzbottichen ausgegangen. Um die zum Brauen notwendige Verzuckerung – Hefen können nur Zucker in Alkohol umwandeln, nicht aber Stärke – der Maische zu verstärken, wurde die Flüssigkeit wohl durch Kochsteine langsam erwärmt. Die Enzyme, die von den Getreidekeimlingen zur Stärkemobilisierung gebildet worden waren, behielten nach dem Darren ihre Aktivität bei, da das Malz nicht zu stark erhitzt worden war. War die Maische dann vollständig verzuckert, sollte nach dem Abkühlen und eventuell nach einem Läutern, wobei die Spelzen und festen Kornbestandteile abgetrennt wurden, der wichtigste Teil des Bierbrauens einsetzen: die Gärung.

Wie Plinius (zit. in LENZ 1859, 41) berichtet, wußten die Kelten bereits die Wirkung des Schaumes bei der Bierbereitung (Anm.: Dabei handelt es sich um Hefen, was seinerzeit nicht bekannt war) auszunutzen und setzten ihn als Treibmittel beim Brotbacken ein. Ob allerdings auch beim Brauen gezielt Hefen zugegeben wurden, ist nicht bekannt. Wahrscheinlich ist, daß durch Hefereste an den hölzernen Gefäßen und Schöpfkellen die Würze in eine Spontangärung überging. Hierbei setzten Wildhefen Malzzucker in Kohlendioxid und Alkohol um. Da im Gegensatz zum heutigen Bierbrauen keine speziell gezüchteten Kulturhefen zugegeben und die Würze vor der Gärung vermutlich nicht gekocht worden war, traten parallel zur spontanen Gärung durch Wildhefen wohl auch verstärkt Milchsäurebakterien, die über das Malz eingebracht wurden, sowie weitere Mikroorga-

nismen in Aktion. In ungünstigen Fällen brachten nach der Gärung Essigsäurebakterien das fertige Bier zum Umkippen (vgl. KRAUSS 1994, 15 ff.). Wie wir aus dem Plinius-Zitat (zit. in LENZ 1859, 41) vom dicken Schaum (*spuma concreta*) ableiten können, handelte es sich wohl um obergärige Hefen. Die Verwendung untergäriger Hefen, die im Gegensatz zu obergärigen Hefen in niedrigen Temperaturbereichen (4-10 °C) arbeiten, ist eine junge Entwicklung, die erst ab Ende des 19. Jhs. mit der Erzeugung der untergärigen Biere Pils und Export ihren Durchbruch erzielte (KRAUSS 1994, 18 f.). Ob nach der Hauptgärung, was je nach Zuckergehalt, Hefeanteil und Temperatur einige Tage bis über eine Woche dauern kann (KRETSCHMER 1996, 81), noch eine kühle Lagerung mit einer Nachgärung angeschlossen wurde, bleibt unbekannt. Ein mit unserer heutigen Flaschengärung vergleichbarer Vorgang, der druckfest verschließbare Gefäße voraussetzen würde, erscheint eher unwahrscheinlich. Es ist anzunehmen, daß das Jungbier häufig frisch getrunken wurde, da es bei längerer Lagerung wohl oft schnell schlecht geworden war.

Direkte Hinweise auf das Bierwürzen liegen aus Hochdorf nicht vor. Hopfen (*Humulus lupulus*) oder Gagel (*Myrica gale*) wurden wohl erst ab dem Frühen Mittelalter als Bierwürze verwendet (BEHRE 1984, 115 ff.). Die Bierwürzen haben zum einen geschmacksverbessernde Wirkungen durch Bitterstoffe, zum anderen konservierende Eigenschaften. Aus historischen Zeiten finden wir Hinweise auf eine Verwendung von Wacholderbeeren, Schlehen, Eichenrinde, Eschenblättern, Fieberschmalz, Absinth, Enzian, Sumpfmöhre, Schafgarbe, Möhrensamen und vieles mehr (HOPF 1976, 532). Im Kräuterbuch des Tabernaemontanus (TABERNAEMONTANUS 1731, 636 ff.)

werden auch der Zusatz von Bilsenkrautsamen (*Hyoscyamus niger*) und Körnern des Taumellohchs (*Lolium temulentum*) genannt. Beide Zutaten bewirken eine Steigerung der Rauschwirkung des Bieres. Im Bilsenkraut sind Tropanalkaloide enthalten, die Körner des Taumellohchs sind häufig von Mutterkornpilzen befallen, die Ergolinalkaloide, hauptsächlich Lysergsäurederivate produzieren (HOFFMANN u. SCHULTES 1980, 45 u. 175). Ob die wenigen gefundenen Bilsenkrautsamen aus der Grabung von Hochdorf in solchem Zusammenhang stehen, ist unbekannt.

Nachbrauen von Keltenbräu

Anlässlich des Museumsfestes Ende Juni 1996 in Hochdorf wurde von der Stuttgarter Hofbräu AG unter Leitung von Dr. H. Kretschmer ein Keltenbräu erzeugt. Dieses Bier war nach einer Rezeptur gebraut, die unter Einbeziehung der Kenntnisse durch die Bodenfunde aus Hochdorf den keltenzeitlichen Gegebenheiten angepaßt, entwickelt worden war. Da ein öffentlicher Ausschank vorgesehen war, wurde das Keltenbräu dem Deutschen Reinheitsgebot entsprechend gebraut. Das Bier wurde aus dunklem Gerstenmalz mit einer Rauchnote in einer technischen Anlage für Weizenbierherstellung gebraut. Die Maische wurde zur Verzuckerung langsam erwärmt, um den Effekt von Kochsteinen nachzuahmen. Neben der Alkoholgärung durch Zugabe obergäriger Kulturhefen war auch eine beabsichtigte Milchsäuregärung durch Zugabe speziell gezüchteter Milchsäurebakterien erzeugt worden. Letztere senkte den pH-Wert der Flüssigkeit deutlich ab, was eine Geschmackskomponente und eine Verbesserung der Haltbarkeit bewirkte. Der Brauansatz wurde vollständig vergoren,

ohne daß ein Restmalzanteil erhalten blieb, der bei dunklen Bieren häufig einen kräftigen Geschmack beisteuert. Anschließend lagerte das Keltensbräu für kurze Zeit im Faß. Eine Nachgärung in der Flasche, wie dies bei heutigen Weißbieren üblich ist, unterblieb.

Das so hergestellte Keltensbräu war dunkel und wies eine schwache Rauchnote auf. Der enthaltene Hopfen war kaum herauszuschmecken, dafür hatte das Gebräu durch die obergärigen Hefen einen schwach zitronigen Geruch und schmeckte durch die Milchsäuregärung schwach säuerlich. Der Geschmack des Keltensbräus wich stark von dem heutiger handelsüblicher Biere ab, fand aber während des Museumsfestes starken Anklang und Zuspruch. Die erfrischende Säure machte das Keltensbräu zu einem hervorragenden Sommerbier.

Da der Brauvorgang in einer großtechnischen Anlage gefahren und Zugeständnisse an den öffentlichen Ausschank gemacht wurden, war das Keltensbräu in wesentlichen Punkten nicht authentisch, gab aber eine Vorstellung davon, wie das Resultat eines gelungenen Brauvorgangs der Kelten geschmeckt haben könnte.

Experimentelle Archäologie zum Thema „Keltisches Brauen“

Erste Schritte hin zum keltischen Bier sind nun getan, doch trennt uns noch einiges von einem Versuchsansatz, der im Sinne der Experimentellen Archäologie steht. Wenn nicht bereits beim Anbau des Getreides, sollte ein Nachbrauen doch zumindest beim Mälzen der Gerste beginnen. Wie durch wissenschaftliche Untersuchungen heutiger Brauer bekannt ist und teilweise auch die eigenen Ankeimversuche

mit rezentem Getreide gezeigt haben, ist für die Malzerzeugung ein Ankeimen eiweiß- und fettarmer Spelzgerstensorten möglichst unter tiefen Temperaturen, hoher Luftfeuchte und im Dunkeln am günstigsten. Als Ankeimorte kommen in der Hochdorfer Keltensiedlung Grubenhäuser, Erdkeller oder die U-förmigen Gräben selbst in Betracht. Um einen Transport des Grünmalzes zur Darre zu vermeiden, wäre es denkbar, den U-förmigen Graben selbst als Ankeimort zu benutzen. Ein echtes Nachbrauexperiment, wie es für Herbst 1997 geplant ist, sollte hier ansetzen und die Eignung von U-förmigen Gräben zur Malzerzeugung überprüfen. Die nachfolgend kurz umrissene Vorgehensweise erscheint sinnvoll: Die gereinigte Gerste wird nach dem Einweichen auf der Sohle des Grabens ausgebracht. Ist hierfür eine Unterlage aus Geflecht hilfreich oder kann das Getreide direkt auf den gewachsenen Löß gelegt werden? Die Körner müssen weiterhin so feucht gehalten werden, daß die Keimung nicht stockt. Das Keimgut muß täglich ein- bis dreimal gewendet werden, das Getreide sollte sich durch den Keimvorgang nicht erhitzen, Keimwurzeln sollten untereinander nicht verfilzen. Der Graben wird zum Abdunkeln mit Matten aus pflanzlichem Material abgedeckt. Ist nach einer Woche ein geeigneter Mälzungsgrad erreicht, wird der Ankeimgraben zur Darre umfunktioniert. Hierzu wird das Grünmalz von der Sohle des Grabens auf ein Geflecht, das dem Aufbau Stück um Stück aufgelegt wird, ausgebracht. Dabei kann auf das jeweils neue Abdeckteil die darunterliegende Gerste hochgeschippt (o.ä.) werden. Nach einem anschließenden Darrvorgang bei milder Hitze kann das Malz auf Schiebmöhlen geschrotet und in einem Holzgefäß eingemaischt werden.

Mit Kochsteinen wird der Ansatz langsam erwärmt, um eine Verzuckerung zu erreichen. Die Zeitdauer des Einmischens entscheidet über den Anteil der Milchsäuregärung. Bei langem Maischen steuern Milchsäurebakterien, die über das Grünmalz eingebracht werden, eine stärkere Milchsäuregärung bei. Wie sich der Geschmack des Endproduktes unterscheidet, wenn die Würze geläutert, d.h. die Spelzen und festen Kornbestandteile abgetrennt werden oder der Maischeansatz direkt vergoren wird, ist ebenfalls eine interessante Fragestellung. Ob eine Sontangärung zum selben Erfolg führen wird wie die Zugabe obergäriger Kulturhefen, mag der Versuch zeigen. Auch die weiteren Details müssen in der praktischen Anwendung getestet werden.

An dieser Stelle möchte ich die Überlegungen zu einem möglichen Vorgehen bei Brauversuchen, die den Vorgaben der Experimentellen Archäologie genügen würden, abbrechen. Es ist wohl zum Ausdruck gekommen, wie material- und zeitaufwendig ein möglichst authentischer Brauansatz zum Herstellen von keltischem Bier sein wird. Vieles muß durch Vorversuche getestet werden, einiges wird vermutlich nicht beim ersten Mal gelingen.

Der hier wiedergegebene Aufsatz wurde bei der Tagung der Experimentellen Archäologie im Federseemuseum in Bad Buchau im Oktober 1996 vorgetragen, auch um Unterstützung für solche Experimente zu erhalten. Für erste Kontakte im Hinblick auf eine Realisierung eines Brauversuches bin ich Herrn M. Schmidt M.A. vom Freilichtmuseum Oerlinghausen dankbar. Rat und Tat weiterer interessierter Personen sind herzlich willkommen.

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei Herrn Dr. H. Kretschmer von der Stuttgarter Hofbräu AG für seine stets

hilfreichen Informationen und interessanten Diskussionen zu heutigem und keltischem Bierbrauen bedanken. Herrn Dr. U. Tränkle, Lichtenwald, danke ich vielmals für die Hilfe bei der Statistikauswertung.

Literatur

- BEHRE, K.-E. 1984: Zur Geschichte der Bierwürzen nach Fruchtfunden und schriftlichen Quellen. In: W. van Zeist, W. A. Casparie (Hrsg.), *Plants and ancient man, Studies in palaeoethnobotany*. Rotterdam 1984, 115-122.
- BIEL, J. 1994: Abschließende Untersuchungen in Eberdingen-Hochdorf, Kreis Ludwigsburg. In: *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg* 1993. Stuttgart 1994, 97-99.
- HOPF, M. 1976: Bier. In: J. Hoops (Begr.), *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde*, 2. Aufl. Berlin, 1976, 530-533.
- HOFMANN, A., SCHULTES, R. E., 1980: *Pflanzen der Götter*. Bern 1980.
- JACOBI, G. 1974: Werkzeug und Gerät aus dem Oppidum von Manching. *Die Ausgrabungen in Manching* 5. Wiesbaden 1974.
- JACOMET, S. 1986: Verkohlte Pflanzenreste aus einem römischen Grabmonument beim Augster Osttor. In: *Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst* 6. Augst 1986, 7-53.
- KRAUSS, I. 1994: „Heute back´ ich, morgen brau´ ich...“. Zur Kulturgeschichte von Brot und Bier. Ulm 1994.
- KRETSCHMER, H. 1996: Brauen früher und heute. Praktische Hinweise zur Nachahmung empfohlen. In: J. Biel (Hrsg.), *Experiment Hochdorf*. Stuttgart 1996, 76-81.
- LENZ, H. O. 1859: *Botanik der alten Griechen und Römer* (o.O. 1859, Neuaufl. Wiesbaden 1966).
- PIENING, U. 1988: Verkohlte Pflanzenreste aus zwei römischen Gutshöfen bei Bad Dürkheim (Pfalz). In: H. Küster (Hrsg.), *Der prähistorische Mensch und seine Umwelt* (Festschrift U. Körber-Grohne). *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 31, Stuttgart 1988, 325-340.

- STIKA, H.-P. 1996a: Vorgeschichtliche Pflanzenreste aus Heilbronn-Klingenberg. Archäobotanische Untersuchungen zum Michelsberger Erdwerk auf dem Schloßberg (Bandkeramik, Michelsberger Kultur, Spät-hallstatt/Frühlatène). Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg 34, Stuttgart 1996.
- STIKA, H.-P. 1996: Traces of a possible Celtic brewery in Eberdingen-Hochdorf, Kreis Ludwigsburg, southwest Germany. In: Vegetation History and Archaeobotany 5, Heidelberg 1996, 81-88.
- STIKA, H.-P. 1996: Keltisches Bier aus Hochdorf. In: J. Biel (Hrsg.), Experiment Hochdorf. Stuttgart 1996, 64-75.
- STIKA, H.-P. o.J: Landwirtschaftliche Grundlagen der frühen Kelten im mittleren Neckarland aufgrund botanischer Makrorestuntersuchungen. In: Archaeolingua, Budapest, in Vorbereitung.
- TABERNAEMONTANUS, J. T. 1731: Neu vollkommenes Kräuterbuch. Basel 1731.
- VAN ZEIST, W. 1991: Economic aspects. In: W. van Zeist, K. Wasylikova, K.-E. Behre (Hrsg.), Progress in Old World palaeoethnobotany. Rotterdam 1991, 109-130.

Anschrift des Verfassers

Dr. Hans-Peter Stika
Landesdenkmalamt Baden-Württemberg
c/o Institut für Botanik (210) der Universität
Hohenheim
D-70593 Stuttgart

Zur Rekonstruktion von Kuppelöfen und Herdstellen in den Aichbühler und Schussenrieder Feuchtbodensiedlungen Oberschwabens nach alten und neuen Befunden

Michael Strobel

In den Rechteckbauten der Aichbühler und Schussenrieder Feuchtbodensiedlungen Oberschwabens waren Kuppelöfen und Herdstellen feste Bestandteile der Inneneinrichtung. Diese Gleichförmigkeit der Ausstattung mag dazu beigetragen haben, daß einzelne Häuser mit selbstständig wirtschaftenden Einheiten „Kleinbetrieben“, „Haushalten“ oder sogar „Familien“ gleichgesetzt werden (SCHMIDT 1930/37, 174. KOSSACK 1991, 719 ff. SCHLICHTERLE 1995, 256). Abweichungen wären folgerichtig als Ausdruck funktionaler Unterschiede zu begreifen, kleine, quadratische Hütten ohne weitere Installationen mithin als „Neben- oder Wirtschaftsgebäude“ anzusprechen (PARET 1955, 25. ZÜRN 1965, 50. STROBEL 1996, 73 f.). In den Schussenrieder Siedlungen Ehrenstein, Riedschachen und Taubried I war indessen das Gros der einräumigen, wenige Quadratmeter großen Gebäude wenigstens mit einer Herdstelle, häufig auch einem Kuppelofen ausgestattet, der sich dem Eingang gegenüber in der Nordwestecke des Raumes befand. Ob dieser Wirtschafts- und Wohnzwecken gleichermaßen diente, erscheint dennoch zweifelhaft (STROBEL 1996). Eine Verlagerung des Ofenstandortes ging mit dem Ausbau zu einem zweiräumigen Gebäude nicht einher. Im neugeschaffenen Vorraum

wurde stattdessen eine offene Herdstelle angelegt.

War das Gebäude dagegen in einen kleineren Vor- und einen größeren Rückraum unterteilt, stand der Kuppelofen im vorderen Raum. Diese Koinzidenz von Raumaufteilung und Innenausstattung ist in allen Aichbühler und vielen Schussenrieder Zweiraumhäusern anzutreffen. Sie spiegelt offenbar kulturelle Traditionen im Hausbau ebenso wie spezifische Zweckbestimmungen der jeweiligen Räume wider.

Die Kuppelöfen der Siedlung Aichbühl

In Aichbühl hatte man die Öfen über einem U-förmigen, in Lehm gebetteten Kiesel- oder Geröllpflaster errichtet, das vielfach von größeren, gelegentlich auch hochkantgestellten Steinen eingefast war (SCHMIDT 1930/37). Wurde im Zuge einer Fußboden-erneuerung nicht nur die alte Ofenkuppel abgebrochen, sondern auch das Steinpflaster gestört, wollte man offenbar verwertbares Steinmaterial für einen neuen Feuerstellenunterbau oder auch zu Kochzwecken (Hitze Steine) gewinnen. Das Kieselpflaster konnte mit Rindenbahnen unterlegt oder überzogen sein. Die Kombination von Rindenlagen und Steinpflaster kehrt regelmäßig wieder, war allerdings keinesfalls in allen Ofenfundamenten festzustellen. Umgekehrt wird aber kein Backofen beschrieben, der nicht wenigstens die eine oder andere isolierende resp. wärmespeichernde Unterlage erhalten hatte. Auf die Rinden- oder Steinunterlagen wurden Lehmschichten aufgetragen, deren glatt verstrichene Oberflächen in der Hitze rasch braunrot verziegelten. Oft war die gesamte Lehm-packung vollständig durchglüht.

Die Brandplatten waren in verschiedener Weise überkuppelt. Eine von den üblichen Flechtwerkkuppeln abweichende Sonderkonstruktion scheint der lehmummantelte Bretterkern des außergewöhnlich großen Backofens in Haus 15 darzustellen. Die Flechtwerköfen besaßen in der Regel einen geraden, rückwärtigen Wandabschluß aus lehmverkleideten Spaldbrettchen, die in einem Schwellholz eingelassen oder in den Lehm gesteckt waren. Ein runder Abschluß ist allenfalls aus den U-förmig gebogenen Steinpflastern zu erschließen. In diesen Fällen sind ein Flechtwerkern ebenso denkbar wie bogenförmig gesteckte, senkrechte Hölzchen.

Von den Flechtwerkkuppeln selbst hatten sich günstigenfalls die Reste der in den Lehm in annähernd regelmäßigen Abständen eingetieften Wandpfosten erhalten. Die lehmummantelten Längswände zeichneten sich als gerade, helle, 15-25 cm breite Streifen ab und sollen an der Basis mit Steinen und Hölzern verstärkt gewesen sein.

Für 13 oder 23 Öfen von Aichbühl liegen Angaben zu den Größenverhältnissen vor. Sie sind allerdings von begrenzter Aussagekraft, weil sie sich entweder auf die Fläche der Brandplatte oder des zumeist besser erhaltenen Steinpflasters beziehen können. Von dem Kuppelofen in Haus 21, Phase 1, beispielsweise kennen wir beide Flächeninhalte: Mit 0,8 x 1,16 m war die Brandplatte erheblich kleiner als das Steinpflaster bzw. die Grundfläche des gesamten Ofens einschließlich der Wände (1,2 x 1,35 m). Mit 2,04 m² scheint der Kuppelofen in Haus 15 überdurchschnittlich groß bemessen gewesen zu sein. SCHMIDT hat mit Nachdruck auf die große Variationsbreite der Größenverhältnisse hingewiesen. Schlüsse auf die Haushaltsgröße lassen sich daraus freilich nicht ziehen (SCHMIDT 1930/37, 174).

Ein Charakteristikum der Backöfen der Siedlung Aichbühl sind der Ofenöffnung seitlich vorgelagerte, in den Lehmestrich eingelassene Kiespflaster, die oft von einem erhöhten Steinkranz umgeben waren und eine rotgebrannte Lehmfläche trugen. Ihre Größe schwankt zwischen 0,4 x 0,75 und 1,1 x 1,1 m. Schon SCHMIDT hatte diese Plattformen in Analogie zu „alten Bauernhäusern“ als „Ascheablagen“ angesprochen, die durchaus auch als Kochherde genutzt worden sein dürften.

Die Kuppelöfen der Schussenrieder Siedlungen

Der Unterbau der Kuppelöfen variiert je nach Siedlung. Auch innerhalb einzelner Dörfer sind Unterschiede zu verzeichnen. War eine Brandplatte mit Steinen unterlegt, so wurden in Ehrenstein besonders häufig Kalksteinplatten verwendet. Größere Exemplare an den Rändern erinnern an die Gerölleinfassungen der Kuppelöfen von Aichbühl (ZÜRN 1965). Selten hatte man das Kalksteinpflaster durch Gerölle oder Scherben ersetzt. Wo Kalkstein nicht verfügbar war wie am Federsee, mußte zwangsläufig auf Gerölle und Kiesel zurückgegriffen werden, die aus den Schotterkörpern der Altmoränen um das Federseebecken aufgelesen werden konnten (REINERTH 1929a). Neben großen Geröllen, die vor allem in den Ofenfundamenten der Siedlung Taubried I verbaut waren, fanden kleinere Kieselsteine Verwendung (Abb. 1 und 2). In Riedschachen war ein Ofen mit Scherben gepflastert.

Auf ein Steinpflaster konnte allerdings durchaus verzichtet werden. In Ehrenstein war nicht einmal ein Sechstel aller Kuppelöfen (13 von 65) gepflastert. Das Fehlen einer Steinunterlage dürfte sich in jedem

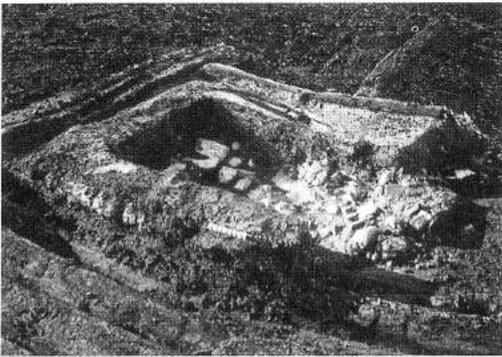
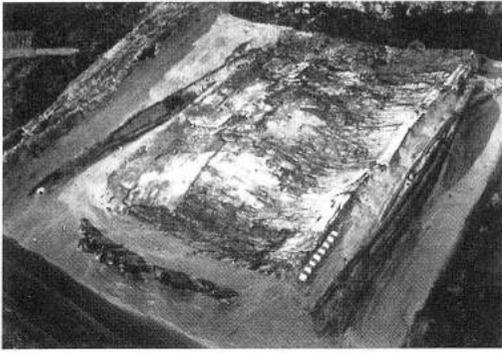


Abb. 1 Taubried I: Kuppelofen in Haus 11 mit Rindenunterlage und Kuppelansatz (oben) sowie Geröllpflaster (unten).

Fall auf den Ofenbetrieb ausgewirkt haben, wie Experimente A. WERNERS gezeigt haben (mdl. Mitt. A. WERNER, WERNER 1990). Vor allem die reduzierte Wärmespeicherkapazität scheint das Auskühlen des Ofens beschleunigt zu haben. Wo ein Pflaster fehlte, waren die Brandplatten zu meist mit Rindenbahnen isoliert; vielfach sind Doppel- oder sogar Mehrfachlagen zu beobachten. Sie wurden in der Regel direkt über dem neuen Lehm Boden, mitunter auch über der alten Brandplatte oder über dem Steinpflaster ausgebreitet. Die Außenseiten der Rindenstreifen wiesen in der Regel nach oben.

Nicht einmal Rindenisolationsschichten waren überall obligatorisch. In einigen Fällen (14 von 65) begnügten sich die Bewohner Ehrensteins mit einem einfachen Lehm-



Abb. 2 Alleshausen-Hartöschle, Haus 1: Teile der Flechtwerkkuppel in des Ofens.

auftrag. Die Ofenkuppel scheint dann ohne weitere Vorkehrungen auf der neuen Lauffläche aufgewölbt worden zu sein. Freilich wurde ein Ofen auch unabhängig von einer Aufhöhung des Fußbodens erneuert. Festzuhalten ist, daß bei jedem Neubau eines Hauses der Errichtung des ersten Ofens eine Befestigung der Grundfläche mit Rinden- oder Steinlagen vorausging, um die Brandplatte vor der aufsteigenden Feuchtigkeit zu schützen.

Ausnahmsweise wurden Rindenbahnen durch belaubte Zweige ersetzt. Dabei ist in Ehrenstein die Kombination von Rinden- und Zweiglage einmal belegt, zweimal waren Ästchen über das Steinpflaster gebreitet. Aus der Siedlung Taubried I kennen wir nur einen Ofen, der eine Zweigbettung erhalten hatte. Die Zweige lagen statt Rin-

denbahnen auf der Brandplatte des Vorgängerofens. Für den älteren Ofen in Haus 1 der Station Alleshäuser-Hartöschle hatte man eine Rindenisolationsschicht, für den jüngeren dagegen eine Zweig-Kiesunterlage geschaffen.

Überwölbt waren die Brandplatten gewöhnlich mit lehmummantelten Flechtwerkkonstruktionen (Abb. 1 und 2). Davon haben sich zumeist lediglich Stangenstümpfe, um die noch 2-5 Längsruten, 1-2 cm dicke Weiden-, Hasel- oder Pappelrund- oder -halblinge geflochten waren, erhalten. Die 2-4 cm dicken Stangen waren im Fußbodenlehm verankert, ohne daß bestimmte Abstände eingehalten worden wären; auch ihre Zahl schwankt pro Längsseite ganz erheblich. Die Lehmummantelung gab sich in der Siedlung Taubried als 15-20 cm breiter, heller Streifen zu erkennen. In Ehrenstein wurden Werte zwischen 10 und 14 cm gemessen. Daß die Längswände zur Öffnung hin leicht einbogen und verdickt waren, ist für die Ehrenstein-Öfen hinlänglich gesichert. Die relativ gut erhaltenen Beispiele der Station Taubried I wiesen hingegen keine einziehenden Wände auf. Da das geringfügig einwärts gerichtete Flechtwerk des Hartöschle-Ofens die Öffnung auf nur 0,8-0,9 m verringert hätte, wird man mit unverstärkten Wandfortsätzen rechnen müssen.

Gut sind wir über das Aussehen der Rückwand unterrichtet: Sie bestand in Ehrenstein aus Flechtwerk, so daß ein leicht gerundeter Abschluß und somit ein U-förmiger Ofengrundriß entstand. In der Siedlung Taubried I bildeten senkrecht in den Lehm gesteckte, dicht gereihete Halb- oder Rundhölzer eine gerade Rückwand (Abb. 1). Nur in Ausnahmen wurde sie in der Flechtwerktechnik ausgeführt. Im Hartöschle war die Rückseite mit einer Spaltbrett-

chenwand verschlossen. Wahrscheinlich bestand auch die Rückwand des Kuppelofens in Riedschachen, Haus RII 3, aus Spaltbrettchen oder Pföstchen. Da offenbar die Längswände gleichermaßen ein Gerüst aus Brettern enthielten, mag eine ähnliche Sonderkonstruktion vorliegen, wie sie für den Ofen in Haus RII 1 beschrieben wird, dessen Gewölbe durch einen Kern aus senkrechten 15-30 cm breiten Spaltbrettern gestützt worden sein soll (REINERTH 1929a, 191. SCHMIDT 1930/37, 262).

So gut sich die Ofenreste erhalten haben, so sehr mangelt es an Hinweisen auf die Form und Höhe der Kuppel (Abb. 3). Gehörten die Pföstchen zu einer senkrechten Flechtwerkwand, auf die man eine separat geflochtene Kuppel setzte, war der Ofen also aus mehreren Teilen zusammengesetzt, oder handelte es sich um die Basis der Querbögen, die die Brandplatte, wenigstens zur Hälfte überspannten und in der Mitte zusammengebunden waren? Sind die sog. Sonderkonstruktionen vielleicht als Basis einer „zusammengesetzten“ Kuppel zu deuten, deren Lehmsockel mit Spaltbrettern verstärkt war, während das aufgesetzte Oberteil aus einem separat geflochtenen und lehmverputzten Kern bestand?

Im Zuge von Erneuerungsmaßnahmen wurden die Kuppeln stets bis auf die Brandplatte bzw. einen max. noch 10 cm hohen Wandsockel abgetragen und offenbar aus dem Haus geschafft. Für partielle Erneuerungen, bei denen der Oberbau unangestastet blieb und lediglich das Innere mit einer neuen Brandplatte ausgekleidet wurde, gibt es – von Ehrenstein abgesehen – keine Anhaltspunkte. Es ist denkbar, daß sich in den Gassen zwischen und hinter den Häusern deponierten Brandschutt- und Aschekonzentrationen, die G. Kraft und R. R. SCHMIDT in Riedschachen und Aichbühl beobachtet haben, nicht nur die

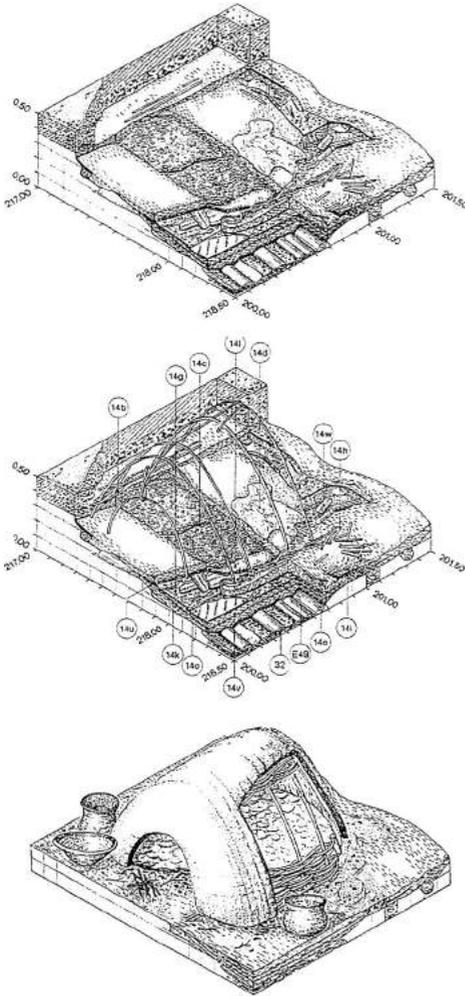


Abb. 3 Alleshausen-Hartöschle, Haus 1: Rekonstruktion des Kuppelofens (A. Kalkowski, LDA Hemmenhofen).

ausgeräumte Ofenglut, sondern auch abgebaute Ofen- und Herdanlagen verbergen. SCHMIDT hat diese Konzentrationen mit Wandöffnungen im Bereich der Feuerstellen, durch die Asche- und Glutreste aus dem Haus befördert worden sein sollen, in Zusammenhang gebracht (SCHMIDT 1930/37, 59).

Die Ascheablagen verraten sich durch verzierte Lehmflächen, die in Ehrenstein den Öfen auf der rechten, der Zwischen-

wand des Hauses abgewandten Seite vorgelagert, jedoch nicht gepflastert waren.

Ein Vergleich der Ofengrößen leidet einmal mehr unter dem Mangel an präzisen Daten. Der Bogen spannt sich von annähernd quadratischen, 1 x 1 m großen Grundflächen und damit kurzen Kuppeln bis hin zu gestreckteren rechteckigen Anlagen, die in der Siedlung Taubried I überwiegen (0,7-0,9 x 1-1,2 m). Die Schussenrieder Backöfen waren damit ebenso groß oder allenfalls geringfügig kleiner als die Aichbühler Backöfen.

Die Zahl der Ofenerneuerungen ist offenkundig abhängig von der Nutzungsdauer und wahrscheinlich auch der Funktion eines Gebäudes. Nach volkskundlichen Parallelen sei die Lebensdauer neolithischer Kuppelöfen mit 50-60 Jahren anzusetzen (SOMMER 1997, 117). Demgegenüber müssen die Öfen der Schussenrieder Siedlungen in kurzen Abständen erneuert worden sein (ZÜRN 1965). In welchem Rhythmus dies geschah, ließe sich am ehesten einschätzen, wenn die Lebensdauer eines Hauses bekannt wäre. Nach den Jahrringanalysen B. Hubers in Ehrenstein sind kurze Neubauzyklen wahrscheinlich (PARET 1955). Ähnliches zeichnet sich für die Siedlung Alleshausen-Hartöschle am Federsee ab.

Zur Funktion der Kuppelöfen

In keinem Fall sind im Ofeninneren Reste zurückgeblieben, die Aufschluß über die Nutzung geben würden. Immer wurden die Brandplatten von Rückständen befreit und sorgfältig gereinigt. Auch vermißt man den Schutt der Kuppeln. Auch dies spricht für eine systematische Räumung der Gebäude und eine gründliche Planierung nach dem Brand (ZÜRN 1965, 14; 62). Durch wie-

derholte Erneuerungen waren die Ofen- und Herdstellen ohnehin zu mächtigen Paketen angewachsen, die dem Druck höherer Schichten widerstanden, während sich die übrigen Hausteile unter dem Gewicht der Deckschichten senkten. Die Feuerstellenpakete ragten schließlich kuppelartig aus den Hausplätzen heraus.

Zwei Liter „Hirsekörner(?)“, wohl ein Getreidevorrat, der in einer Lücke zwischen Wand und Ofen in Haus 15 von Aichbühl zum Vorschein gekommen sein soll, müssen mit dem Ofenbetrieb nichts zu tun haben (SCHMIDT 1930/37, 126). Auch zwischen dem verkohlten Getreidevorrat im Hinterraum von Hausplatz 1, Bau A von Ehrenstein und dem Kuppelofen im Vorderraum läßt sich kein Zusammenhang herstellen (ZÜRN 1965, 17). Das Scherbenpflaster im Ofen von Riedschachen, Haus RII 3, diente der Wärmespeicherung und sollte zu keinen falschen Schlüssen auf die Ofenfunktion verleiten (PETRASCH 1986, 54). Sicher ist nur, daß Asche- und Glutreste nach jedem Aufheizvorgang ausgeräumt und wohl aus dem Haus geschafft wurden. Daß dies nicht restlos geschah, zeigen schmutzige Asche- und Holzkohlkonzentrationen und -bänder, die sich direkt neben oder hinter den Öfen an selten gereinigten Stellen, in „Fegeecken“, abgelagert hatten und auf Reinigungsaktivitäten zurückgehen (SOMMER 1991). Spuren mechanischer Beanspruchung an Holzkohlepartikeln aus botanischen Großrestproben, die aus den Schmutzschichten neben dem Hartöschle-Ofen entnommen worden sind, dürften von der Ofensäuberung, mithin vom Ausräumen der Glutreste herrühren. Über diesen Teilvorgang hinaus trägt der archäologische Befund jedoch nichts zu einer Rekonstruktion des Ofenbetriebs bei. Wir sind auf indirekte, zugegebenermaßen vage Indizien angewiesen.

Der Spelzweizenanbau scheint in der Schussenrieder Kultur eine große Rolle gespielt zu haben. Unverkohlte Internodien- und Spelzreste, die beim Entspelzen des Getreides anfallen, sind in den Großrestproben aus der Siedlung Alleshausen-Hartöschle in großer Zahl vertreten. Dem Entspelzungsprozeß könnte ein Darren im Kuppelofen vorausgegangen sein (MAIER, SCHWEIZER, STROBEL 1994, 50 f.). Ebenso scheinen gesammelte Wildfrüchte wie Holzäpfel, von denen in der Siedlung Alleshausen-Hartöschle zahlreiche Reste, in der jüngeren „Pfyn-Altheimer“ Dorfanlage Ödenahlen sogar ein ganzer Vorrat gefunden worden sind (MAIER 1995, 190), thermisch behandelt worden zu sein. Auch dies mag in den Kuppelöfen vorgenommen worden sein. Beides bedürfte freilich einer experimentellen Überprüfung. Doch selbst wenn diese Versuche erfolgreich verliefen, wäre damit nicht bewiesen, daß in den Kuppelöfen tatsächlich auch Getreide und Wildobst gedarrt wurde. Durch Backversuche allein wird sich das Feld der Möglichkeiten nicht einengen lassen, so positiv die Ergebnisse auch ausfallen mögen. Wahrscheinlich kommen sehr verschiedene Nutzungsarten wie das Darren, Rösten, Backen und Erwärmen von Speisen in Betracht. Sie hätten sogar, folgt man den von A. WERNER vorgelegten Temperaturkurven, nach einem einzigen Aufheizvorgang nacheinander durchgeführt werden können (WERNER 1990). Auch dies zu testen, bliebe dem experimentellen Nachvollzug überlassen.

Die offenen Herdstellen

Grundsätzlich kehren offene Herdstellen in den Aichbühler Zweiraumhäusern regelhaft im rückwärtigen Teil wieder und wur-

den bei jeder Fußbodenausbesserung aufs neue an derselben Stelle vor der Zwischenwand neben dem Durchgang instandgesetzt. Nur ausnahmsweise hat im Zuge eines weiteren Estrichauftrags eine leichte Verlagerung von der Wand weg zur Raummitte hin stattgefunden. Weitere, in der Mitte von Rück- oder Vorraum eingerichtete Herdstellen zählten wohl nicht zur Grundausrüstung der Häuser und deuten auf Umbaumaßnahmen hin.

In den einräumigen Gebäuden der Schussenrieder Siedlungen waren die Herdstellen stets an der Giebelwand neben dem Eingang, in den zweiräumigen mit einem Backofen im kleineren Vorraum ausgestatteten „klassischen“ Schussenrieder Häusern im rückwärtigen Teil an der Zwischenwand neben dem Durchgang installiert. Bei Erweiterungen einräumiger, quadratischer Hütten hielt man an der alten Position fest; im Anbau, dem neuen Vorraum, wurde eine zweite Herdstelle an der Giebelwand angelegt. Ausnahmen stellen wohl Feuerstellen an der Rückwand oder auf dem Vorplatz eines Hauses dar.

Die Herdstellen der Siedlung Aichbühl

Die Herdstellen der Siedlung Aichbühl sind durch in den Estrichlehm gebettete, sorgfältig verlegte Steinsetzungen charakterisiert, die von größeren Kieseln oder Gerölen eingefasst, in der Mitte leicht vertieft und von einer verziegelten Brandplatte bedeckt waren. Verschiedentlich schoben sich Rindenlagen ein, die sich in den Häusern 1 und 6-9 weit aus dem engeren Herdstellenbereich in den Raum hinein erstreckten und die Schmidt für eigens hergerichtete „Lagerplätze“ hielt (SCHMIDT 1930/37, 54 f.). Zweifelsohne handelt es sich um Isolationsschichten. Ferner gin-



Abb. 4 Alleshäuser-Hartöschle, Haus 1: Rindenunterlage und verziegelte Brandplatte der Herdstelle im Vorraum.

gen von den Herdstellen zahlreiche dünne schwarze Holzkohle-Ascheschichten aus, die durch die Begehung der Oberflächen im Raum verteilt worden waren.

Mehrfach werden seitliche Begrenzungen wie „lehmüberkleidete Bretterwände“ oder Lehm-mäuerchen, sog. Feuerbacken, erwähnt, von denen wir uns jedoch kein verlässliches Bild machen können. Erschien der erhöhte Steinkranz nicht ausreichend, versuchte man die Zwischenwand vor dem Feuer zu schützen, indem man den Lehmverputz verdickte oder sogar mit Lehm gebundene Steine und Kiesel vorblendete. Wurde auf eine Herrichtung verzichtet, riskierte man ein Anbrennen der Fußböden oder der Wände. Dieser Fall war in Haus 11, wo man im Holzboden eine gepflasterte Feuerstelle ausgespart hatte, eingetreten.

vgl. unser Komstaad-Hs.

Die Herdstellen der Schussenrieder Siedlungen

Das Spektrum reicht von einfachen Brandplatten auf dem Lehm-boden bis hin zu aufwendigeren Konstruktionen, die aus Stein-pflastern und Rindenlagen aufgebaut sind. In Ehrenstein scheint man auf eine Rin-

denunterlage nur dann verzichtet zu haben, wenn bereits ältere Brandplatten isoliert waren. Das Gros der Feuerstellen, auch in der Siedlung Hartöschle, war mit Rindenbahnen unterlegt (Abb. 4). Steinpflaster hingegen waren zumeist entbehrlich. Nur bei drei Herdstellen in Ehrenstein konnte eine Steinsetzung beobachtet werden. Auch von den Herdstellen der Siedlung Taubried war nur eine Minderheit gepflastert. Aus Riedschachen II sind immerhin fünf gepflasterte Herdstellen anzuführen.

Hinweise auf die Funktion der Herdstellen lassen sich den Beobachtungen in Haus 1 der Siedlung Alleshausen-Hartöschle abgewinnen: Dort häuften sich im Vorraum nicht nur die Scherben von Kochtöpfen und Schüsseln, sondern vor allem auch durch Hitzeeinwirkung zerplatzte, gerötete oder rußgeschwärzte Steine und Gerölle, die als Koch- bzw. Hitzesteine gelten dürfen. Ein enger Zusammenhang von Feuerstelle und Nahrungszubereitung liegt auf der Hand.

Literatur

KOSSACK, G. 1991: Grundzüge frühkupferzeitlicher Kulturverhältnisse in Mitteleuropa. In: Lichardus, J. (Hrsg.), Die Kupferzeit als historische Epoche. Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde 55, 1991, 715-733.

MAIER, U. 1995: Moorstratigraphische und paläoethnobotanische Untersuchungen in der jungsteinzeitlichen Moorsiedlung Ödenahlen am Federsee. In: Siedlungsarchäologie im Alpenvorland III. Die neolithische Moorsiedlung Ödenahlen. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 46, Stuttgart 1995, 143-253.

MAIER, U., SCHWEIZER, P., STROBEL, M. 1994: Nachuntersuchungen in der Schussenrieder Siedlung Alleshausen-Hartöschle im nördlichen Federseeried, Kreis Biberach.

Archäologische Ausgrabungen. Baden-Württemberg 1993 (1994), 47-53.

PARET, O. 1955: Das Steinzeitdorf Ehrenstein bei Ulm (Donau). Stuttgart 1955.

PETRASCH, J. 1986: Typologie und Funktion neolithischer Öfen in Mittel- und Südosteuropa. Acta Praehistorica et Archaeologica 18, 1986, 33-83.

REINERTH, H. 1929: Backöfen der jüngeren Steinzeit. Prähistorische Zeitschrift 20, 1986, 190-200.

REINERTH, H. 1929: Das Federseemoor als Siedlungsland des Vorzeitmenschen. Führer zur Urgeschichte 4. Augsburg 1929.

SCHLICHOTHERLE, H. 1994: Fortsetzung der Sondagen in der endneolithischen Moorsiedlung Seekirch-Stockwiesen, Kreis Biberach. Archäologische Ausgrabungen, Baden-Württemberg 1993 (1994), 57-61.

SCHLICHOTHERLE, H. 1995: Bemerkungen zur Siedlungsstruktur der Feuchtbodensiedlungen im südwestdeutschen Alpenvorland. In: A. Aspes (Hrsg.), Settlements patterns between the Alps and the Black Sea 5th to 2nd Millenium B.C. Verona - Lazise 1992. Museo Civ. St. Nat. Verona Sez. Scienze Uomo 4, 1995, 251-259.

SCHMIDT, R. R. 1930/37: Jungsteinzeit-Siedlungen im Federseemoor. Lieferung I-III. Augsburg/Stuttgart 1930/37.

SOMMER, U. 1991: Zur Entstehung archäologischer Fundvergesellschaftungen. Versuch einer archäologischen Taphonomie. In: Studien zur Siedlungsarchäologie I. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 6, 1991, 52-193.

SOMMER, U. 1997: Die räumlicher Verteilung der Funde von Ehrenstein. In: J. Lüning (Hrsg.), Das jungsteinzeitliche Dorf Ehrenstein (Gde. Blaustein, Alb-Donau-Kreis). Ausgrabung 1960. Teil III: Die Funde. Forschungen und Berichte zur Vor- u. Frühgeschichte in Baden Württemberg 54, Stuttgart 1997, 95-179.

STROBEL, M. 1996: Frühjungneolithische Siedlungsstrukturen am Federsee – die Stationen Taubried I und Alleshausen-Hartöschle. In: H.-J. Beier, Studien zum Siedlungsweisen im Jungneolithikum. Beiträge zur Ur- u. Frühgeschichte Mitteleuropas 10, Wilkau-Hasslau 1996, 67-99.

WERNER, A. 1990: Backöfen der Jungsteinzeit. Vom Ausgrabungsbefund zur originalge-

treuen funktionstüchtigen Rekonstruktion.
In: Experimentelle Archäologie in Deutschland. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 4, 1990, 126-130.

ZÜRN, H. 1965: Das jungsteinzeitliche Dorf Ehrenstein (Kreis Ulm). Ausgrabung 1960. Teil 1: Die Baugeschichte. Veröffentlichungen des staatlichen Amtes für Denkmalpflege, Reihe A. Vor- und Frühgeschichte, Heft 10/1. Stuttgart 1965.

Anschrift des Verfassers

Michael Strobel M. A.
Landesdenkmalamt Baden-Württemberg
Fischersteig 9
D-78343 Gaienhofen-Hemmenhofen

Experimentelle Nachbildung von Knochenflöten aus dem Aurignacien der Geissenklösterle-Höhle

W. Hein, J. Hahn¹

In den Jahren 1973 und 1990 wurden in der Geissenklösterle-Höhle bei Blaubeuren die Reste von zwei Knochenflöten ausgegraben, ohne daß sie zunächst als solche erkannt wurden (HAHN/MÜNDEL 1995). Erst die Aufarbeitung der Tierreste durch S. MÜNDEL zeigte, daß intentionell durchlochte und kerbverzierte Vogelknochen vorlagen, die als Radien vom Singschwan bestimmt werden konnten. Beide Funde befanden sich im mittleren Eingangsbereich der Höhle zusammen mit Elfenbeinperlen, durchbohrten und gefärbten Fischwirbeln, verzierten Gegenständen aus Geweih und Elfenbein in einer Knochenaschenlage, die das „mittlere Aurignacien“ kennzeichnet und auch mindestens vier aus Elfenbein geschnitzte Figuren von Mensch, Mammut, Bär und Bison geliefert hat. Eine ¹⁴C-AMS-Datierung ergab für dieselbe Schicht im Nachbarquadrat ein Alter von $36\,800 \pm 1\,000$ BP (OxA-4594) an einem Rentier-Humerus. Weil die Originale leider nur fragmentarisch erhalten sind, war eine experimentelle Rekonstruktion erforderlich, um die Herstellungstechnik nachzuvollziehen und so den Arbeitsaufwand schätzen zu können. Zum anderen konnte nur ein Nachbau die Funktion, Tonfolge und Spielbarkeit klären, da von dem vollständigeren Exemplar nur ein Ende unbeschädigt ist.

Belege für Flöten aus der jüngeren Altsteinzeit

Blasinstrumente hat es wahrscheinlich schon im Mittelpaläolithikum gegeben. Es handelt sich hierbei meistens um einfache Pfeifen, die aus gelochten Rentier-Phalangen bestehen. Sie wurden eventuell bei der Jagd und zur Signalgebung benutzt, obwohl die Lautstärke dazu eigentlich nicht ausreicht. Allerdings ist nicht immer eindeutig geklärt, ob hier menschliche Artefakte vorliegen oder ob diese Knochen von Raubtieren, z.B. Hyänen zerbissen und verdaut wurden, wobei ähnliche Spuren entstehen können (CHASE 1990).

Im Gegensatz zur Pfeife, die nur einen Ton hervorbringt, kann man auf einer Flöte mehrere verschiedene Töne spielen, abhängig von der Anzahl der Grifflöcher. Dies macht eine rein funktionale Nutzung unwahrscheinlich und deutet eher darauf hin, daß Menschen bereits in der Altsteinzeit musiziert haben, ob zu magisch-religiösen Zwecken oder einfach nur zum Zeitvertreib, sei dahingestellt.

Vergleichenbare Flöten (FAGES & MOURER-CHAUVIRÉ 1983) finden sich hauptsächlich in der Höhle von Isturitz in den atlantischen Pyrenäen (BUISSON 1990). Sie kommen dort im Aurignacien, vor allem im Gravettien, aber auch im Solutréen und Magdalénien vor. Soweit sie mehr oder weniger vollständig sind, weisen sie drei bis vier Löcher auf. Andere Flöten wurden in Österreich und im südlichen Osteuropa (SEEWALD 1934, HÄUSLER 1960) entdeckt, so z.B. in der Istállóskő-Höhle im Bükkgebirge Ungarns. In Schamanengräbern der Chucunaque-Indianer aus Panama wie auch in der präcortesianischen Ica-Kultur in Peru wurden Halsketten aus mehreren Vogelknochenflöten gefunden, die dem Geissenklösterle-Original sehr ähnlich sind.

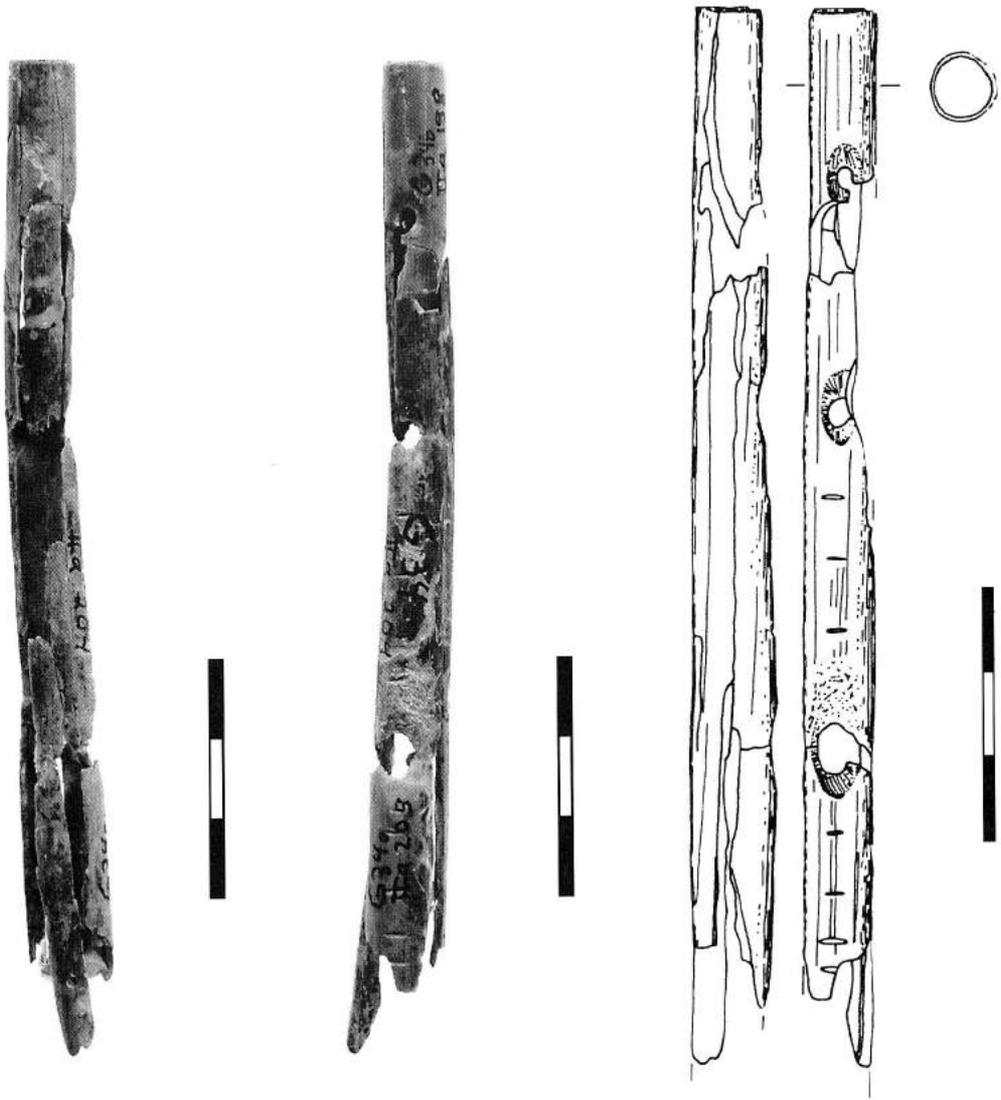


Abb. 1 Die Geissenklösterle-Flöte.

Allerdings handelt es sich hier um Kernspaltflöten (HICKMANN 1990, Hornimankatalog 1977). SAINZ (1989 fig. 34:2) beschreibt einen vergleichbaren Knochenfund aus dem Magdalénien der kantabrischen Cueva del Valle als Pfeife. Paläolithische Flöten sind häufig aus Knochen, meist von großen Vögeln wie Geier, Adler, seltener vom Schwan, aber auch aus Ge-

weih gefertigt, in den seltensten Fällen ist ein erkennbares Mundstück erhalten.

Die Rekonstruktionsversuche

Die mikroskopische Untersuchung der Flöte ermöglichte es, den Herstellungsablauf, die sogenannte Operationskette, folgender-

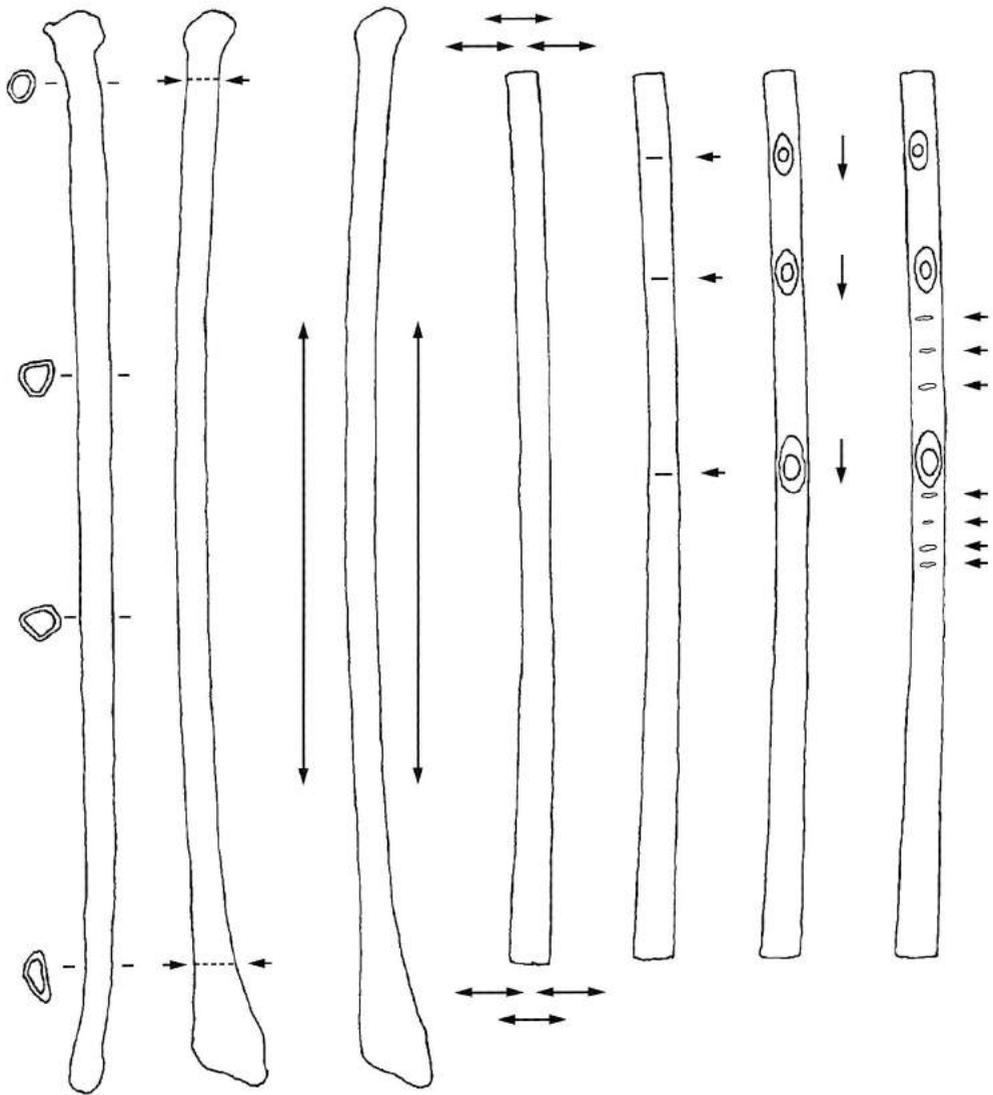


Abb. 2 Operationskette.

maßen annähernd zu rekonstruieren:

- 0 Beschaffung des Vogelknochens
- 1 Glätten der Oberfläche in Längsrichtung
- 2 Entfernen des (der) Gelenkendes(n) durch Ringkerben
- 3 Anreiben der Löcher
- 4 Eintiefen der Löcher durch längsgerichtetes Schnitzen
- 5 Anbringen der Kerben

Die Beschaffung des Knochens (0) dürfte keine Schwierigkeit gewesen sein, da Schwäne in nicht allzu tiefem Süßwasser leben. In der näheren Umgebung des Geissenklösterle kommen weniger die Quelltöpfe der Aach und Blau als vielmehr der Schmiechener See und die kleinen Flüsse selbst in Frage. Die Abfolge von (1) und (2) ist durch die Schnitzspuren nach-

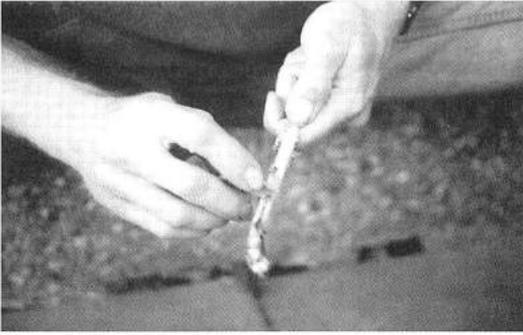


Abb. 3 Schaben des frischen Knochens.

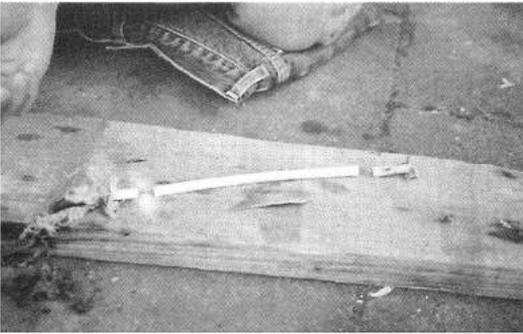


Abb. 4 Der Rohling mit abgetrennten Gelenkenden.

gewiesen. Ob erst die Löcher (4) und dann die Kerben (5) angebracht wurden, ist nicht bestimmbar.

Der Herstellungsvorgang lief darum bei allen bisher vorgenommenen Versuchen mehr oder weniger gleich ab:

Zunächst wurde der Knochen mit einer scharfen Silex-Klinge aus dem Flügel ausgelöst, eine Arbeit, die mit etwas Übung ca. 10 min beansprucht, dabei wurden beide, Radius und Ulna sauber herausgetrennt, denn die Ulna eignet sich z.B. für Nadelbüchsen. Möglicherweise haben die Aurignacien-Leute aber auch aufgesammelte Knochen benutzt.

Anschließend entfernten wir in etwa 5 min noch anhaftende Fleisch- und Knochenhautreste sowie andere Unebenheiten wie Kanten und Ansatzstellen der Federkiele durch längsgerichtetes Schaben mit einem

großen stumpfkantigen Abschlag oder Stichel, dessen Arbeitskante im Laufe der Zeit leicht aussplitterte und auf der Knochenoberfläche lineare Riefen hinterließ, wie sie auch am Original vorgefunden wurden. Diese Riefen laufen geradlinig auf das erhaltene Ende zu und hören hier abrupt auf, was darauf hinweist, daß die Gelenkenden erst später entfernt worden sind.

Hierzu wurde in den Experimenten an beiden Enden unter leichtem Drehen des Knochens und immer wieder neu ange-setzten Schnitten eine Ringkerbe eingetieft. Geeignet hierfür sind Abschläge und größere Klingen mit nicht zu dicken Schneiden, die beim Gebrauch zwar stark aussplittern, was die Schnittleistung jedoch vorübergehend durch den Säge-Effekt noch erhöht. Im Schneidbereich wurde anschließend eine deutliche Knochenpolitur beobachtet. Nach 2-3 min konnte das Gelenkende einfach abgebrochen werden. Das im Knochen vorhandene Mark wurde mit einem dünnen Zweig herausgeschoben. Innen diente ein kleiner spitzer Abschlag zum Entgraten.

Nun folgte das sorgfältige Übertragen der Löcher von der Zeichnung des Originals auf die Nachbildung, darauf das Einschneiden der Löcher auf der konkaven Seite in Längsrichtung, sowohl zum Körper hin als auch vom Körper weg. Teilweise wurde mit beiden Daumen Druck auf das Schneidewerkzeug ausgeübt, um mehr Kraft zu haben, und so nach und nach, eher durch ein Schaben als ein Schneiden, immer mehr Material entfernt, bis das Werkzeug zum hohlen Knocheninneren durchstieß und das entstandene Loch vorsichtig bis zur Originalgröße erweitert wurde. Hierzu eignet sich ein Abschlag oder eine Klinge mit eher stumpfem Schneidewinkel, dünne Klingen splittern

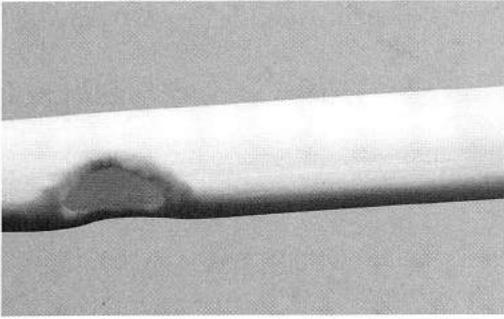


Abb. 5 Eines der Grifflöcher im Detail.

durch den nötigen Druck sofort bis zur Unbenutzbarkeit aus. Das Schneidwerkzeug muß aber trotzdem praktisch nach jedem Loch gewechselt werden, weil die Lochränder möglichst scharfkantig bleiben sollen. Aus diesem Grunde bringt auch das Einweichen in Wasser, was normalerweise die Bearbeitung erleichtert, in diesem Falle nichts, weil man den aufgeweichten Knochen nicht so dünn schnitzen könnte. Frisch ist er jedoch leichter zu bearbeiten als in bereits getrocknetem Zustand. Der Zeitaufwand für ein Loch beträgt durchschnittlich 6 min.

Zum Schluß wurden die Querkerben übertragen und mit wenigen Bewegungen eingeschnitten.

Es ist unklar, ob diese Kerben als Abstände dienen, da sie aber bei den meisten anderen Flöten nicht vorhanden sind, werden sie als nicht funktional angesehen. Im Aurignacien des Geissenklösterle sind zudem viele Gebrauchs- und Kunstgegenstände mit Kerben und anderen Zeichen versehen. Hier haben sie jedoch relativ regelmäßige Abstände zwischen 6 und 8 mm, die Grifflöcher sind im selben Rhythmus an Stellen angebracht, an denen Kerben erscheinen würden.

Die beschriebene Rekonstruktion ist aus dem Radius, der Elle eines Singschwans (*cygnus cygnus*), gefertigt, die Maße des fertigen Instrumentes sind:

L = 161 mm, B prox = 8,8 mm, D prox = 8 mm, B dist = 10,7 mm, D dist = 8,9 mm, Wandstärke = 0,8-1 mm, Gewicht (ausgekocht) = 6 g.

Die reine Arbeitszeit zur Herstellung einer Flöte beläuft sich auf durchschnittlich 40 min.

Funktion

Da Singschwanknochen sehr schwer erhältlich sind, wurden zunächst einige Vorversuche mit Radien von Puten unternommen (HAHN/HEIN 1995), die denen von Singschwänen bis auf die Länge sehr ähnlich sind. Es wurde nun auf verschiedene Weise versucht, diese Nachbauten zum Klingen zu bringen: als Querflöte und als gedackte Flöte, wie eine Panflöte. An einem Ende wurde eine Anblasfläche angebracht wie bei der südamerikanischen Qena, doch ohne Erfolg. Schließlich wurde probiert, das Instrument mit einem Doppelblatt, ähnlich wie bei der Oboe, zu versehen. Beim Hineinblasen in das Ende rutschte das eingesteckte Schilfblatt nach unten durch. Überraschenderweise gab die Flöte nun einen zwar etwas leisen, aber klaren Ton von sich. Nach einer näheren Untersuchung und Beratung durch Tübinger Musikinstrumentenbauer wurde unklar, warum die Rekonstruktion so funktionierte: Weil die Löcher nicht senkrecht eingebohrt, sondern in Längsrichtung geschnitten wurden und auf der konkaven Seite des Knochens liegen, trifft der am Ende eingebrachte Luftstrom auf die untere scharfe Kante eines Griffloches und wird hier aufgespalten. Die nach unten abgeleiteten Wirbel geben regelmäßige Impulse an die Luftsäule im Flöteninneren ab und regen diese zur Bildung einer stehenden Welle an, ein Ton wird hörbar. Die

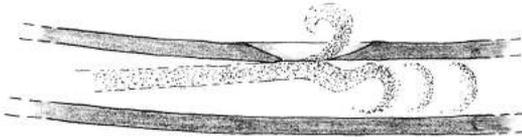


Abb. 6 Funktionsweise der Knochenflöte.

Grifflöcher selbst bilden also jeweils Aufschnitt und Labium, an dem der Ton entsteht. Theoretisch können so zwei Luftsäulen zum Schwingen gebracht werden, einmal die zwischen Mund und Labiumtonloch, zum anderen die zwischen Labiumtonloch und nächstem Loch bzw. unterem Flötenende (bei zugehaltenen Löchern). Schon H. MOECK spricht dieses Phänomen in seiner 1951 verfaßten Dissertation an und vermutet eine Intention hinter den Grifflochscharabungen (MOECK 1951, 34 ff.)

Dank der freundlichen Unterstützung der Fa. HOHNER war es möglich, die Frequenzen der spielbaren Töne zu messen. Diese Messungen gestalteten sich nicht ganz einfach, da oft mehrere Tonstufen pro Griffposition gleichzeitig erklingen. Folgende Töne konnten beim Anblasen über das proximale Ende erzeugt werden:

- O = Tonloch geöffnet
- X = Tonloch geschlossen
- Loch 1 = proximal
- Loch 2 = medial
- Loch 3 = distal

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Loch 1	O	X	O	O	X	X	O	X
Loch 2	O	O	X	O	X	O	X	X
Loch 3	O	O	O	X	O	X	X	X
Tonstufe	c ^{****}	c ^{****}	h ^{***}	f ^{****}	a ^{***}	e ^{****}	-	-
Frequenz/Hz	2090	2090	1980		1760	2640		
(ca. von-bis)	2220	2220	2090	2790	2220 ü	2790	-	-
Wellenlänge	~ 16 cm	~ 16 cm	~ 17 cm	~ 12 cm	~ 19 cm	~ 13 cm	-	-

Tabelle 1 Frequenzen der verschiedenen Lochabdeckungsbilder.

Anmerkung zu I und II: Der Grundton ist hier derselbe, beide unterscheiden sich jedoch dadurch, daß in I als Oberton die Quinte (g^{****}, 10 cm Wellenlänge) und in II die Quarte (f^{****}, 12 cm) mitschwingt.

Anmerkung zu V: Hier ist ein Überblasen in die Terz möglich, gekennzeichnet durch das Kürzel „ü“.

Die angegebenen Frequenzen stellen Grundwerte dar, durch stärkeren Anblasdruck kann die Tonstufe um bis zu einem Halbtonschritt (100 cent) nach oben gedrückt werden, ein für Flöten typisches Phänomen. Mit dem vorliegenden Instrument steht dem Spieler folgender musikalischer Tonstufenraum zur Verfügung:

a^{***} - h^{***} - c^{****} - e^{****} - f^{****}

Wenn die Flöte auf die von uns angenommene Weise gespielt wurde, könnte ein viertes Griffloch als Labium nicht mehr funktionieren, da der Luftstrom durch die natürliche Biegung des Knochens die Grifflochunterschneidung nicht mehr erreicht. Bereits Griffloch 3 gibt deshalb, allein angeblasen (Tabelle 1, Nr. V), nur einen leiseren, etwas verschliffenen Ton. Denkbar wäre ein viertes Loch am (beim Original nicht erhaltenen) distalen Ende in ähnlicher Größe und Position wie Loch 2, über das die Flöte gespielt wurde, dazu werden z.Zt. Versuche unternommen.

In den letzten Jahren hat sich, interdisziplinär zwischen Musikwissenschaft und Urgeschichtsforschung, eine neue Fachrichtung, die Archäo-Organologie entwickelt, und seit dieser Zeit wird auch das Vorhandensein altsteinzeitlicher Musikinstrumente diskutiert. Während manche Prähistoriker früherer Generationen dazu neigten, jeden mit Löchern versehenen Gegenstand allzu unkritisch als Flöte hinzustellen, müssen inzwischen vom Ausgräber für die Deutung eines Fundes als Instrument wesentlich genauere Daten gefordert werden, um eine vorschnelle Fehlinterpertation auszuschließen.

C. BRADE (1982, 146-147) hat zu Recht viele paläolithische Musikinstrumente in Frage gestellt. Sie nennt drei Kriterien: Artefaktcharakter, Spielbarkeit und gesichertes Alter als unabdingbar für ein Fundstück, um als Flöte angesprochen werden zu können. Die Flöte(n) aus dem Geissenklösterle erfüllen alle drei Voraussetzungen: der Schwanenknochen ist eindeutig an dem erhaltenen Ende abgeschnitten, die Oberfläche ist geglättet und mit Kerben versehen, die Löcher sind so eingeschnitten, daß eine scharfe innere Kante entsteht, wodurch das Instrument überhaupt erst spielbar wird. Das Alter ist durch die AMS-Datierung gegeben.

Daß der Bedeutung der Musik im Leben unserer Vorfahren ein immer größerer Stellenwert beigemessen wird, zeigen Versuche, den akustischen Raum der Bilderröhren auszuloten und einen eventuellen Zusammenhang mit den Kunstwerken herzustellen (REZNIKOFF u. DAUVOIS 1988, WALLER 1993, DAUVOIS u. BOUTILLON 1994). Einen neuen Überblick über paläolithische Musik, so auch zu Flöten und Pfeifen, gibt M. DAUVOIS (1994). Er führt sowohl für Pfeifen aus Renphalangen als auch für tönende Stalagmiten und Stalaktiten in Bil-

derhöhlen Analysen zur Frequenz und zum Klang durch. Weiterhin bezieht er sich auf Flöten mit Grifföchern und auf lange Röhren, „Tuben“, die in Art einer Panflöte funktionieren. Solche Knochenröhren gibt es im Geissenklösterle, früher als Schrafer angesprochen, im Gravettien des Hohle Fels, im Magdalénien der Schussenquelle (SCHULER 1994), des Petersfels (MAUSER 1970, Taf. 94), einiger kantabrischer Höhlen (SAINZ 1989, fig. 9:9 u. 18:17) und in Hamburg (BRATLUND 1994). Sie werden oft als Nadelbüchsen angesehen. Definitionsgemäß wäre aber eine solche Knochenröhre auch als Musikinstrument anzusprechen (SCHUSTER 1992), denn auf einer „Panflöte“, aus mehreren unterschiedlich langen Tuben zusammengebunden, läßt sich gut spielen. Experimente mit Nachbildungen könnten die Funktion als Aerophone wahrscheinlich machen.

In Slowenien wurde der Fund des „ältesten Musikinstrumentes“ in Europa gemacht (TURC u.a. 1995). In einem mittelpaläolithischen Fundhorizont, der auf 45 000 BP datiert ist, wurde ein Höhlenbärenfemur mit vier (oder zwei?) unregelmäßigen Löchern als Flöte angesprochen. Es bestehen aber Zweifel, ob die Löcher wirklich vom Menschen stammen.

Ein Weg zur Annäherung an die Funktion prähistorischer Musikinstrumente können experimentelle Rekonstruktionen sein. Doch die Tatsache allein, daß die von uns angefertigten Replikat auf oben beschriebene Art funktionieren, heißt sicher nicht, daß im Aurignacien Knochenflöten auf diese Weise gespielt wurden. Es bedeutet lediglich eine Möglichkeit, ohne komplizierte Mundstücke etc. und vielleicht auch entsprechend dem technologischen Entwicklungsstand des Aurignacien im Vergleich zu anderen Epochen der Urgeschichte, musizieren zu können.

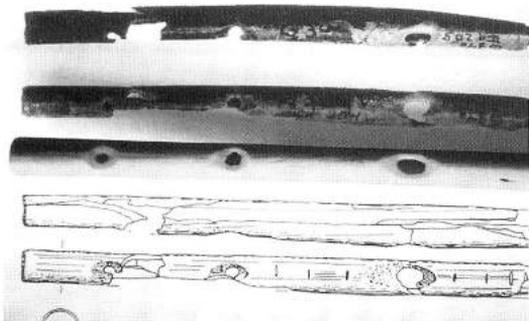


Abb. 7 Original und Rekonstruktion.

Wir danken der Firma HOHNER/Trossingen und den Instrumentenbauern SCHWENK & HUTTENLOCHER/Tübingen für ihre Unterstützung.

Abstract

In 1973 and 1990 the remains of two bird bones were discovered, radii of *Cygnus cygnus*, with holes cut into them in the „Geissenklösterle“ cave near Blaubeuren in southern Germany. The microscopical examination of the surface showed, that after smoothing the bone the joint ends (at least at the end that was preserved) had been cut off with a flint knife. The three „finger“ holes and several line shaped decorations had also been carved in with a flint tool. The stratum, in which they were found, corresponds to the middle Aurignacian and was dated by ^{14}C AMS on $36\,800 \pm 1\,000$ BP (OxA-4594). These artifacts are supposed to be bone flutes.

In 1995 we had the exhibition „Experimental Archeology in Germany“ in the Prehistoric Museum of Blaubeuren and completed it by a special exhibition relating to the local finds. We decided to make a replication of the flute in order to find out, whether it has been an instrument at all, and if, how it worked(s).

The experiments showed, that a bird bone with carved, not bored holes on the dorsal (concave) side will produce not very loud but clear tones without a special blow hole or mouth piece. The airstream brought in at one end is split of at the lower rim of each fingerhole, which works like a labium because of its sharply cut edge and the curved longitudinal section of the instruments body. A flute built as similar as possible (with all eventual errors included, because the original has remained only for $\frac{2}{3}$) to the „Geissenklösterle“ flute produces at least three clear tones on a pentatonic scale and some overtones depending upon the ability of the player.

Anmerkung

1 Herr Prof. Dr. Hahn verstarb im April 1997.

Literatur

- BRADE, C. 1982: The Prehistoric Flute - Did it Exist? With an appendix by J.V.S. Megaw. In: The Galpin Society Journal XXXV, Oxford 1982, 138-150.
- BRATLUND, B. 1994: A survey of the subsistence and settlement pattern of the Hamburgian Culture in Schleswig-Holstein. Jahrbuch Röm-German. Zentralmuseum Mainz, 41. Jg., 1994, 59-93.
- BUISSON, D. 1990: Les flûtes paléolithiques d'Istruritz (Pyrénées atlantiques). Bulletin Société Préhistorique Française 87, 1990, 420-433.
- CHASE, P. G. 1990: Sifflets du paléolithique moyen. Les implications d'un coprolithe actuel. Bulletin Société Préhistorique Française 87, 6, 1990, 165-167.
- DAUVOIS, M., BOUTILLON, X. 1994: Caractérisation acoustique des grottes ornées paléolithiques et de lithophones naturels. La Pluridisciplinarité en Archéologie Musicale de l'ICTM oct. 1990 - Centre Français d'Archéologie Musicale, PRO LYRA M.H.S., Paris 1994, 209-252.

- DAUVOIS, M. 1994: Les témoins sonores paléolithiques extérieur et souterrain. In: M. Otte (Hrsg.), „Sons originels“. Préhistoire de la musique. Eraul 61, Liege 1994, 11-31.
- FAGES, G., MOURER-CHAUVIRÉ, C. 1983: La flûte en os d'oiseau de la grotte sépulcrale de Veyreau (Aveyron) et inventaire des flûtes préhistoriques d'Europe. In: F. Poplin (Hrsg.), La faune et l'homme préhistorique, Mém. de la S.P.F. 16, Bouchud-Festschrift, 1983, 95-103.
- HAHN, J. 1994: Eine 36 000 Jahre alte Knochenflöte aus dem Geissenklösterle. In: A. Scheer (Hrsg.), Höhlenarchäologie im Urdonautal bei Blaubeuren. Museumsheft 1, Urgeschichtliches Museum Blaubeuren, 1994, 87-89.
- HAHN, J., HEIN, W. 1995: Eiszeitorchester - Experimentelle Nachbildung von Knochenflöten aus der jüngeren Altsteinzeit. In: A. Scheer (Hrsg.), Eiszeitwerkstatt - Experimentelle Archäologie, Museumsheft 2, Urgeschichtliches Museum Blaubeuren, 1995, 16-23.
- HAHN, J., MÜNZEL, S. 1995: Knochenflöten aus dem Aurignacien des Geissenklösterle bei Blaubeuren, Alb-Donau-Kreis. In: Fundberichte aus Baden-Württemberg 20. Stuttgart 1995.
- HÄUSLER, A. 1960: Neue Funde steinzeitlicher Musikinstrumente in Osteuropa. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Halle-Wittenberg IX/3, 1960, 321- 332.
- HICKMANN, E. 1990: Musik aus dem Altertum der neuen Welt, 1990, 356.
- Horniman-Katalog 1977: Musical Instruments. Ausstellungskatalog des Horniman-Museums. London, 1990, Taf. 12: 72.
- MAUSER, P. F. 1970: Die jungpaläolithische Station Petersfels im Hegau. Bad. Fundberichte Sdh. 13. Freiburg 1970.
- MOECK, H. 1951/1996: Ursprung und Tradition der Kernspaltflöten der europäischen Folklore und die Herkunft der musikgeschichtlichen Kernspaltflöten. Dissertation Univ. Göttingen, Celle 1996.
- REZNIKOFF, I., DAUVOIS, M. 1988: La dimension sonore des grottes ornées. In: Bulletin de la Société Préhistorique Française 85, 1988, 238-246.
- SAINZ, C. G. 1989: El Magdaleniense Superior-Final de la región cantábrica. Santander 1989.
- SCHULER, A. 1994: Die Schussenquelle. Eine Freilandstation des Magdalénien in Oberschwaben. Materialhefte zur Archäologie, 27. Stuttgart 1994.
- SCHUSTER, S. 1992: Die prähistorischen Musikinstrumente Spaniens. Dissertation Universität Freiburg, 1992, 58-62.
- SEEWALD, O. 1934: Beiträge zur Kenntnis der steinzeitlichen Musikinstrumente Europas, Bücher zur Ur- u. Frühgeschichte 2. Wien 1934.
- TURK, I., DIRJEC, J., KAVUR, B. 1995: Ali So V Sloveniji Najstarejše Glasbilo v Evropi? The oldest musical Instrument in Europe discovered in Slovenia? Razprave IV, Razreda SAZU XXXVI, 1995, 287-293.
- WALLER, S. 1993: Sound reflection as an explanation for the content and context of rock art. In: Rock Art Research 10, 1993, 91-101.

Anschrift des Verfassers

Wulf Hein
Forststr. 12/1
D-72141 Walddorfhäslach

Zur Rekonstruktion der Fußbekleidung des Mannes vom Tisenjoch

Donja Malhotra

Vorbemerkung

Im Herbst 1996 wurde im Rahmen eines Workshops an der Archäologischen Abteilung des Ruhrlandmuseums Essen von der Verfasserin eine Rekonstruktion der Schuhe der 1991 in den Ötztaler Alpen am Tisenjoch entdeckten Gletschermumie aus dem Spätneolithikum vorgenommen.¹ Die Rekonstruktion stützt sich auf die von EGG und SPINDLER im Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz 39, 1992, veröffentlichten Befunde, insbesondere auf den darin enthaltenen Bericht von GOEDECKER-CIOLEK.

I. Problemstellung

Der fragmentarische Zustand, in dem die Fußbekleidung des Mannes vom Tisenjoch aufgefunden wurde, läßt über ihre ursprüngliche Form, ihren Aufbau und die Art ihrer Herstellung eine Reihe von Fragen offen:

Vom linken Schuh blieb nur ein netzartiges Geflecht aus Grasschnüren in der Form eines menschlichen Fußes erhalten, das am Fersenteil zerrissen war. Vom rechten Schuh fand sich nur das Vorderstück, das sich aus einem bandförmigen Netzgeflecht aus Gras-

schnüren, einem Stück Oberleder, einem Sohlleder und Gras zusammensetzte.

Dies zeigt zwar, daß die Fußbekleidung aus einer Sohle und einem separaten Oberteil bestand; da aber kein Fersenteil eines Oberleders gefunden wurde, ist zunächst nicht sicher zu entscheiden, ob es sich um Schuhe mit vollständigem Oberleder gehandelt hat oder um Sandalen aus Grasschnurgeflecht mit einem über dem Vorderfuß liegenden Fellschutz (Abb. 3).

Weil eine derartige Sandale im Hochgebirge kaum gebrauchstüchtig wäre, wird hier von einem Schuh mit vollständigem Oberleder ausgegangen. Das Oberteil dieses Schuhs hätte dann aus mehreren Schichten bestanden: dem Oberleder, einem Netzgeflecht aus Grasschnüren und u.U. einer Schicht aus Gras.

Da aus den Fundergebnissen weder die Form des Oberleders im Fersenteil, noch die Lage des bei den Schuhen gefundenen Grasses hervorgeht und unterschiedliche Netzgeflechte für den rechten und den linken Schuh bestehen, ergeben sich für eine Rekonstruktion der Schuhe folgende Fragen:

- Welche Form hatte das Oberleder?
- Wo befand sich das Gras?
- Nach welchen Methoden ließen sich die beiden Netzgeflechte herstellen, und gab es eine für beide Arten von Netzgeflecht gleichermaßen anwendbare Methode zu ihrer Herstellung?

II. Die Rekonstruktion der Schuhe

1. Die Sohle

Die Sohle bestand aus einem ovalen Stück Bärenfell mit nach innen getragener Haarseite (GROENMAN-VAN WAATERINGE 1992, 126). Sie war ca. 28,5 cm lang und ca. 14,5 - 12 cm

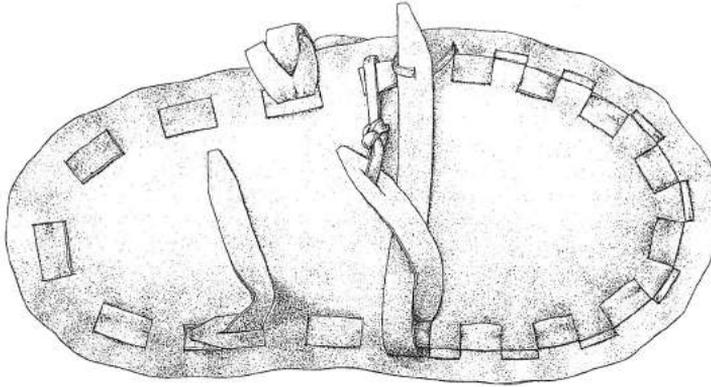


Abb. 1 Rekonstruktion der Schuhsohle (Unterseite).

breit, was, bei Abzug von insgesamt ca. 5 cm für den umlaufenden Rand, mit ca. 23,5 cm Länge Innenmaß³ etwa der heutigen Schuhgröße 37 entspricht.

Entlang dem Sohlenrand befanden sich Schlitzte (Abb. 1), durch die, versetzt zueinander, zwei Lederstreifen gezogen waren, welche die Sohle mit dem Netzgeflecht bzw. dem Oberleder verbanden, indem der eine durch die Schlaufen (s. 3.1) des Netzgeflechts verlief (Abb. 2 u. 3) und der andere durch Schlitzte im Oberleder (Abb. 3).

Quer über die Unterseite der Sohle verlief ein sich überkreuzendes Lederband (Abb. 1), das von GOEDECKER-CIOLEK (GOEDECKER-CIOLEK, 1992, 104-105) als Rutschverhinderer gedeutet wird, das aber auch durch-

aus als Befestigung für einen Schneereifen, eine Steighilfe o. ä. hätte dienen können, besonders, wenn man einen zweiten Be-

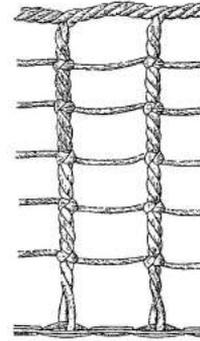


Abb. 2 Rekonstruktion der Flechttechnik und Querschnitt durch die Verbindung mit dem Sohlleder.

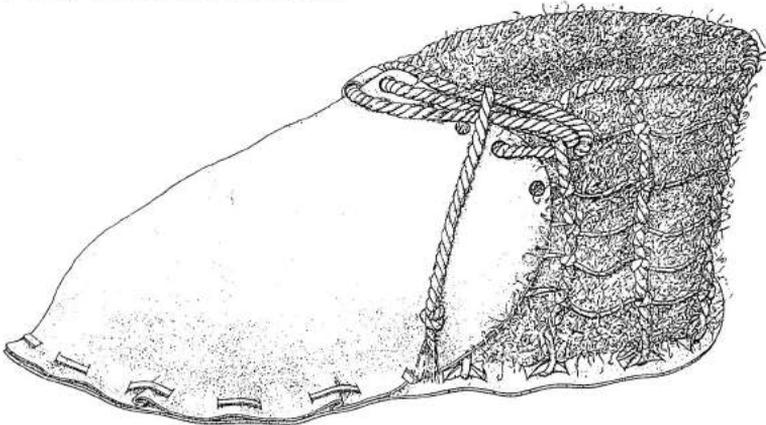


Abb. 3 Rekonstruktion des rechten Schuhs mit Grasfüllung.

festigungsriemen an dem heute nicht mehr vorhandenen Fersenteil der Sohle annimmt. Gegen die Deutung als Rutschverhinderer spricht die bei praktischen Gehversuchen festgestellte Unfallgefahr durch Verhaken von Wurzeln und Strauchwerk in dem Lederband.

2. Das Gras

Die räumliche Anordnung des bei den Schuhen gefundenen Grasses geht aus den Veröffentlichungen der Fundergebnisse nicht eindeutig hervor: Einerseits deu-

ten Abb. 4 und Abb. 5 unten³ darauf hin, daß das Gras zwischen Oberleder und Netzgeflecht eingefügt war: Bei einer Lage des Grasses zwischen Oberleder und Netzgeflecht sollten auf dem Gras keine Spuren des Netzgeflechts auftreten, wohl aber, wenn auch weitgehend unsichtbar, unter dem Gras. Auf beiden Fotos sind nun tatsächlich auf dem über dem Vorderfuß liegenden Grasfladen⁴ keinerlei Spuren des Netzgeflechts zu entdecken, dagegen unter dem Gras eine von Grashalmen halb überdeckte gedrehte Schnur vom Netzgeflecht (Abb. 4). [Bei der auf den Fotos

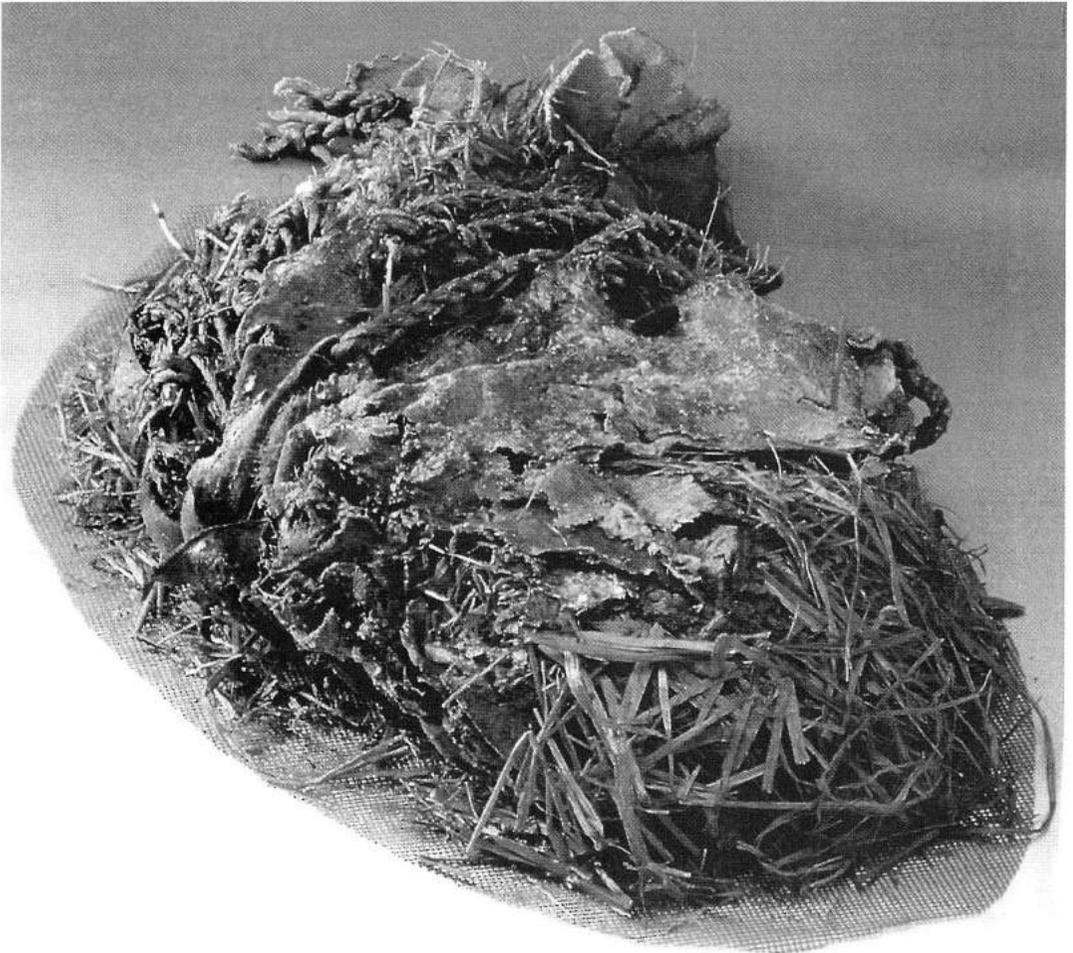


Abb. 4 Der rechte Schuh im Fundzustand.



Abb. 5 Die beiden Schuhe im Fundzustand.

sichtbaren, auf dem Leder liegenden Kordel handelt es sich offensichtlich um den Schnürsenkel (s. 3.1) und nicht um das Netzgeflecht (vgl. Abb. 3).]

Andererseits weist Abb. 5 oben eher auf Gras unterhalb des Netzgeflechts hin, und die Abb. 3 zeigt nach GOEDECKER-CIOLEK eine Lage des Grasses zwischen Netzgeflecht und Fuß. Danach scheint sich das Gras sowohl – am Vorderfuß – zwischen Netzgeflecht und Oberleder befunden zu

haben, als auch – im übrigen Schuh – zwischen Netzgeflecht und Fuß.

Nun erscheint aber ein Graspolster zwischen Oberleder und Netzgeflecht allein am Vorderfuß wenig sinnvoll, wenn, bei einer Grasauspolsterung des gesamten Schuhs zwischen Netzgeflecht und Fuß, sich dann am Vorderfuß, und nur dort, eine doppelte Lage Graspolster befindet.

Der Sinn des Netzes, das nach EGG und SPINDLER (EGG u. SPINDLER 1992, 70, 72)

zur Fixierung des Grasses dienen sollte, ist bei einer Anordnung des Grasses zwischen Netz und Fuß auch nicht recht ersichtlich, da hierbei das Gras genauso stark verrutschen würde, wie ohne Netz.⁵ Bei einer Graspolsterung zwischen Netz und Oberleder wäre dagegen das Netz sinnvoll, da es als unterste Lage in einem dreiteiligen, gepolsterten Schuhoberteil das Gras zwischen der untersten und der obersten Lage des Schuhoberteils fixieren würde.

Man sollte fragen: War ursprünglich das Gras zwischen Oberleder und Netzgeflecht eingefügt, und ging das Oberleder mitsamt dem darunterliegenden Gras bereits beim Aufstieg zum Tisenjoch verloren⁶, mit Ausnahme des über dem rechten Vorderfuß liegenden Oberlederteils⁴ und dem darunterliegenden Gras⁷? Und wurde nachträglich als Kälteschutz ein neues Graspolster zwischen Fuß und Netzgeflecht gestopft? Oder befand sich gar schon von vornherein eine zweite Graspolsterung als zusätzlicher Kälteschutz zwischen Fuß und Netzgeflecht? Unter diesen Voraussetzungen wäre das Gras nämlich sowohl unterhalb des Netzes zwischen Netz und Fuß, als auch, beim rechten Vorderfuß, oberhalb des Netzes liegend aufgefunden worden, so, wie das hier der Fall war.

Dann müßte sich das Gras also im Schuh, als mittlere Lage eines dreiteiligen Schuhoberteils, zwischen Oberleder und Netzgeflecht befunden haben und außerdem, vielleicht nur temporär, als zusätzlicher Wärmeschutz zwischen Fuß und Schuh.

3. Das Netzgeflecht

3.1. Für beide Schuhe gemeinsame Konstruktionsmerkmale der Netzgeflechte

Die Netzgeflechte sind bei beiden Schuhen aus gedrehten und verzwirnten Grasschnü-

ren hergestellt. Die Grundkonstruktion der Netzgeflechte ist bei beiden Schuhen gleich: Sie besteht in beiden Fällen aus, von einer horizontalen Schnur abzweigenden, vertikalen Strängen, in die mehrere Reihen horizontaler Fäden eingeknüpft sind (Abb. 2): Dazu wird ein langer, aus Gräsern gedrehter Faden doppelt genommen und über eine gewisse Strecke verzwirrt. Einer der beiden Fäden dieser verzwirnten Schnur wird dann im rechten Winkel abgelenkt, doppelt genommen und verdreht, wobei sich unten eine Schlaufe bildet. Das freie Ende des verdrehten Fadens wird mit dem oben horizontal weiterlaufenden Faden verzwirrt und nach einem bestimmten Abstand erneut abgelenkt, rechtwinklig abgelenkt, doppelt genommen und verdreht. Dies wird mehrmals wiederholt. Die Längsstränge werden anschließend durch locker gedrehte Fäden mittels einfacher Fingerknoten horizontal verbunden (Abb. 2).

Am Oberrand der Netzgeflechte war vorne eine gezwirnte Schnur eingehängt, die als Schnürsenkel diente, mit dem die obere Öffnung des Netzgeflechts sich dem Bein des Trägers anpassen ließ und die, durch mehrere Löcher im oberen Rand des Oberledervorderteils gezogen (Abb. 3 und 14), dieses gleichzeitig gegen die Fersenteile des Oberleders (s. 4) und das darunterliegende Netzgeflecht (Abb. 3) preßte.

3.2. Unterschiedlicher Schnitt der Netzgeflechte für den rechten und den linken Schuh?

Trotz dieser gleichen Grundkonstruktion scheinen sich die Netzgeflechte der beiden Schuhe jedoch in ihrem speziellen Schnitt erheblich voneinander zu unterscheiden: Das Geflecht des rechten Schuhs ist als zweidimensionales Band angelegt, das

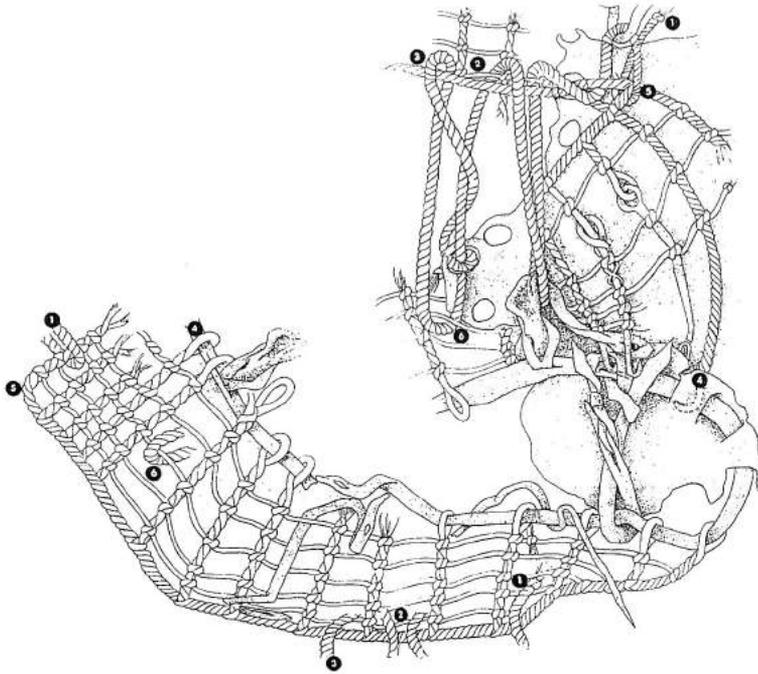


Abb. 6 Arbeitsskizze vom Aufbau des rechten Schuhs aus Leder und Grasschnüren. – Das Netzgeflecht vom rechten Schuh.

sich zu beiden Enden hin verjüngt (Abb. 6) GOEDECKER-CIOLEK 1992, 105. Dagegen scheint das Geflecht des linken Schuhs dreidimensional konstruiert zu sein: Es folgt der Form eines Fußes, wobei die senkrechten Längsstränge strahlenförmig aus dem Rand herauswachsen (Abb. 7). Tatsächlich läßt sich dieses linke Netzgeflecht auch als dreidimensionales Gebilde direkt am Fuß herstellen, wie praktische Versuche im Verlauf der Rekonstruktion ergaben.

Als Hilfsmittel werden dazu benötigt:

- ein Holzbrett, in das gemäß der Sohlenform Stifte eingeschlagen sind, die ein Aufdrehen der Längsstränge verhindern sollen⁸ (anstelle des Holzbretts könnten die Stifte auch in festes Erdreich eingeschlagen werden – etwa in festgestampften Lehm Boden),
- eine Schnur, die oberhalb des Knöchels

- fest um das Bein gebunden wird, sowie
- eine weitere, dünne Schnur, die über den Schlaufen der Längsstränge fortlaufend um die Stifte gewickelt wird, um ein Abgleiten der Schlaufen von den Stiften zu verhindern.

Die praktische Herstellung des Geflechts erfolgte entsprechend der Beschreibung in 3.1. Dabei wurden die vertikalen Stränge zwischen den Stiften, die in das Brett um den Fuß herum eingeschlagen waren, und der um das Bein gebundenen ersten Hilfsschnur gespannt, wobei die horizontale verzwirrte Schnur oben um die erste Hilfsschnur gewickelt wurde. Die unteren Schlaufen der vertikalen Stränge wurden in die Stifte eingehängt und mit der zweiten Hilfsschnur gesichert. Nachdem in sämtliche Stifte Längstrangschlaufen eingehängt waren, die senkrechten Längsstränge also rund um den Fuß verliefen, wurden die beiden

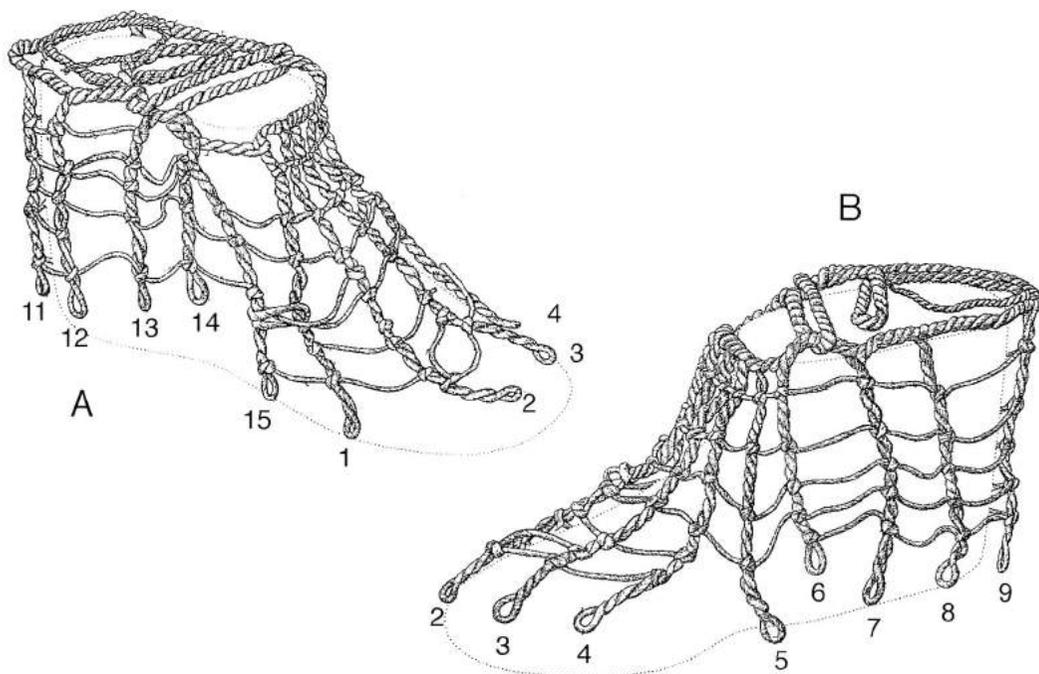


Abb. 7 Rekonstruktion des Netzgeflechts vom linken Schuh.

offenen Enden der letzten Stränge miteinander verknötet und als Querfäden zwischen die Längsstränge eingeknüpft. Mit weiteren Fäden wurden dann die übrigen Querfäden eingeknotet. Am Oberrand des Geflechts wurde vorne eine Schnur als Schnürsenkel eingehängt. Danach konnte die um den Knöchel gebundene Hilfschnur entfernt und die Schlaufen von den Stiften abgenommen werden.

Bei dieser Methode kann das Netzgeflecht am eigenen Fuß hergestellt werden, und die Maße des Oberrandes und der Längsstränge ergeben sich unmittelbar aus der Herstellungsart.

Sie paßt sich jedoch nicht den verschiedenen Schuhgrößen an, so daß die Stifte jedesmal neu eingeschlagen werden müßten. Diese Methode ist für das Spätneolithikum durchaus vorstellbar, wenn man als Material der Stifte Holz, Knochen oder Horn annimmt. Sie ist nur zur Herstellung des

linken Netzgeflechts geeignet, nicht aber zu der des rechten Netzgeflechts, da dieses nicht dreidimensional, sondern zweidimensional angelegt ist. Falls sie tatsächlich zur Herstellung des Netzgeflechts aus dem linken Schuh verwendet worden ist, müßte das Netzgeflecht aus dem rechten Schuh nach einer anderen Methode hergestellt worden sein.

3.3. Einheitliches Schnittprinzip für beide Netzgeflechte

Nun erscheint es aber doch erstaunlich, daß die beiden, zu einem Paar Schuhe gehörenden Netzgeflechte, nach zwei verschiedenen Methoden und nach so unterschiedlichen Schnittmustern hergestellt sein sollen: das eine als zweidimensionales Band, das andere als dreidimensionaler Quasi-Kegelstumpf. Man sollte doch eher gleiche oder zumindest ähnliche Mu-

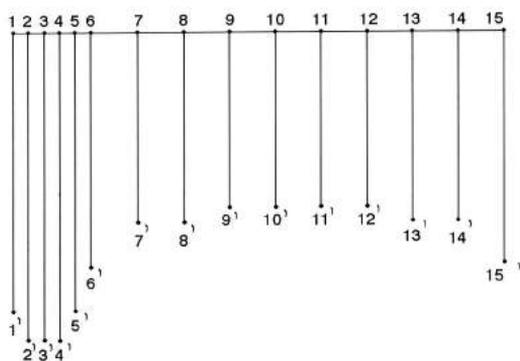


Abb. 8 Aufgeklapptes linkes Netzgeflecht vor dem Einknüpfen der Querfäden, gleichzeitig Plan des Nagelbretts mit den Positionen der Stifte.

ster vermuten, zumal sich die Konstruktion der Netzgeflechte beider Schuhe ja im übrigen ähnelt.

Eine genauere Betrachtung des linken Netzgeflechts in Abb. 7A läßt erkennen, daß diese Vermutung nicht unbegründet ist: Die senkrechten Längsstränge 1 und 15 sind am oberen Rand nur durch den bei Strang 1 eingehängten Schnürsenkel verbunden. Bei seinem Herausziehen würde zwischen Strang 1 und 15 eine Lücke entstehen. Die oberste eingeknüpftete Querfadenreihe beginnt bei Strang 1 und endet bei Strang 13, bildet also ebenfalls zwischen den Strängen 1 und 15 eine Lücke. Hat etwa ursprünglich bei der Herstellung des linken Netzgeflechts zwischen den Längssträngen 1 und 15 eine Lücke auf voller Länge bestanden, und sind die unteren Querfäden zwischen diesen beiden Längssträngen erst nachträglich eingeknüpft worden? Dann wäre es nämlich möglich, das linke Netzgeflecht zwischen Längsstrang 1 und Längsstrang 15 aufzuklappen und in die Ebene auszurollen. Es entstünde dann ein zweidimensionales Band, ähnlich dem vom rechten Schuh (Abb. 8). Bei einer etwas anderen Anord-

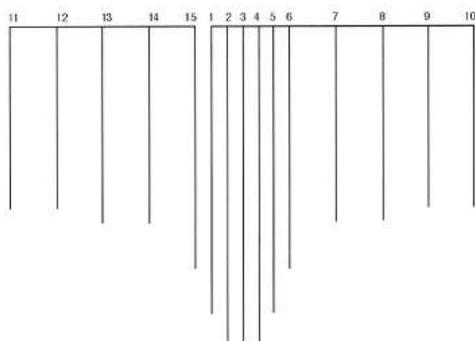


Abb. 9 Aufgeklapptes linkes Netzgeflecht in symmetrischer Anordnung.

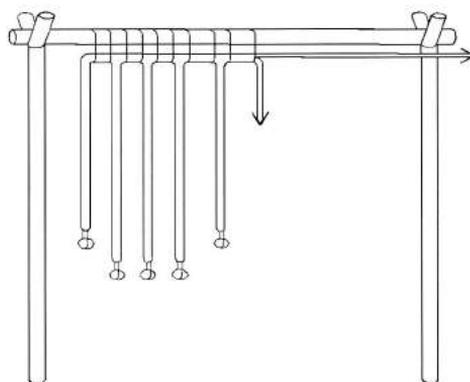


Abb. 10 Vertikales Aufhängegestell mit angeschürten Strängen und eingehängten Gewichten.

nung der Längsstränge ist zu erkennen, daß dieses Band im Grunde symmetrisch aufgebaut ist, so, wie das Netzgeflecht des rechten Schuhs (Abb. 9).

Beide Netzgeflechte könnten also durchaus nach einem ähnlichen Schnitt hergestellt werden:

Als zweidimensionales Band aus einer Reihe von parallelen, senkrecht angeordneten Längssträngen unterschiedlicher Länge, die aus einem horizontalen oberen Rand herauswachsen, in das, in einem zweiten Arbeitsgang, Querfäden eingeknüpft werden. Durch kreisförmiges Einknüpfen von Querfadenreihen, die am Vorderfuß nach unten

zunehmend breiter werden, kann hierbei eine dem Fuß angepaßte Form erzielt werden. Der Unterschied zwischen den Netzgeflechtem aus dem rechten und dem linken Schuh ergibt sich dann, abgesehen von der unterschiedlichen Länge der Längsstränge, lediglich durch das andersartige Einknüpfen der Querfäden im zweiten Arbeitsgang.

3.4. Zwei Methoden zur Herstellung beider Netzgeflechte nach dem gleichen Schema

3.4.1 Nagelbrett

In ein Holzbrett werden Stifte gemäß den Endpunkten der parallelen, senkrechten Striche in Abb. 8 eingeschlagen.⁹ Zwischen diesen Stiften sind die Längsstränge zu spannen (auch hier wäre anstelle des Holzbretts festes Erdreich denkbar).

Der Arbeitsablauf entspricht der Beschreibung in 3.1. Zur Herstellung eines linken Netzgeflechts wurde, nach Fertigstellung sämtlicher Längsstränge und Einhängen des Schnürsenkels bei Strang 1, das Geflecht vom Nagelbrett abgenommen und an der vorbereiteten Sohle mittels eines Lederbandes befestigt. Nachdem der Schnürsenkel bei Strang 15 unter dem oberen Rand des Geflechts durchgeführt und festgezogen worden war, war die fußgerechte Grundform des Netzgeflechts erreicht. In einem zweiten Arbeitsgang wurden nun die Querfäden gemäß Abb. 7 eingeknüpft. Das der Fußform angepaßte, dreidimensionale Netzgeflecht war entstanden.

Ebenso läßt sich auch das Netzgeflecht aus dem rechten Schuh herstellen. Die Abstände zwischen der oberen und der unteren Stiftrreihe sind dann etwas anders und gleichmäßiger als beim linken Geflecht, und im zweiten Arbeitsgang können

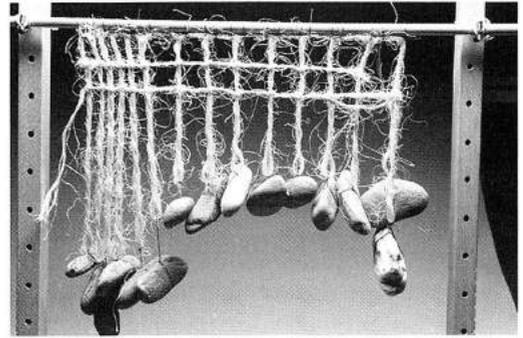


Abb. 11 Essener Gestell.

sämtliche Querfäden bereits am Nagelbrett eingeknüpft werden.

Diese Methode hat den Vorteil, daß sich nach ihr beide Arten des Netzgeflechts herstellen lassen und daß sie im Spätneolithikum anwendbar gewesen wäre. Jedoch paßt sie sich weder den verschiedenen Fußgrößen an, noch den unterschiedlichen Bandformen der rechten und linken Netzgeflechte, so daß jedesmal die Stellung der Stifte geändert werden müßte.

3.4.2 Vertikales Aufhängegestell mit Gewichten

Es wäre zu fragen, ob es Methoden gibt, die diese Nachteile ausschließen, die Vorteile aber beibehalten und deren Anwendung im Neolithikum nicht unwahrscheinlich ist. Das wären vor allem Methoden, nach denen sich

- beide Arten des Netzgeflechts herstellen lassen,
- die sich den unterschiedlichen Fußgrößen und Bandformen anpassen und
- deren Hilfsmittel möglichst für das Neolithikum belegt sind.

Alle diese Bedingungen erfüllt die Herstellung auf einem vertikalen Aufhängegestell mit Gewichten.

1. Nach dieser Methode sind beide Arten des Netzgeflechts herzustellen.

2. Diese Methode paßt sich wegen der freihängenden Gewichte und der variablen An schnürung des oberen Geflechtrandes am Querstab den unterschiedlichen Fußgrößen an, wie auch den unterschiedlichen Formen des rechten und des linken Netzgeflechts.
3. Derartige hochwebrahmenartige Aufhängegestelle mit Gewichten sind für das Spätneolithikum, falls nicht eindeutig belegt, so doch höchst wahrscheinlich (vgl. WINIGER 1995, 173-178: Gewichte und Gestelle).

Die Arbeitsweise entsprach im Prinzip der am Nagelbrett, nur daß hier, anstelle der Stifte 1', 2', 3' usw., Steine mittels einer Schnur in die unteren Schlaufen der Längsstränge eingehängt wurden. Anstelle der Stifte 1, 2, 3 usw. wurden mit Hilfe von Schnüren die oberen Enden der Längsstränge bzw. der obere, horizontale Rand des Netzgeflechts, am Querstab befestigt, und zwar jeweils unmittelbar vor und hinter jedem Längsstrang (Abb. 10 u. 11)¹⁰.

Eine Vereinfachung dieser Methode wird erreicht, wenn die Schnur, die den horizontalen Rand des Netzgeflechts bildet, während ihrer Entstehung nicht, wie eben beschrieben, am Querstab des Aufhängegestells festgebunden wird, sondern, ähnlich wie bei der Herstellung des Netzgeflechts direkt am Fuß, zwischen je zwei Längssträngen nur jeweils einmal um den Querstab gewickelt wird. Zum Schluß wird dieser Querstab dann einfach herausgezogen.

4. Das Oberleder

Vom Oberleder ist nur das Vorderteil des rechten Schuhs erhalten. Es besteht aus Rothirschfell (GROENMAN-VAN WAATERINGE 1992, 126), dessen Haarseite nach außen zeigt (GOEDECKER-CIOLEK 1992, 105). Bei

Annahme von Schuhen mit vollständigem Oberleder ergibt sich die Frage, wie wohl der Schnitt des Oberleders ausgesehen haben mag.

Da das Oberleder des rechten Schuhs glatte Seitenkanten aufwies¹¹ und weder starke Abrißstellen noch festgenähte Fellreste oder Löcher bzw. Einschnitte zu erkennen waren, die auf einen einteiligen Schnitt des Oberleders oder auf einen zweiteiligen Schnitt mit aneinandergenähtem Vorder- und Fersenteil hingedeutet hätten (mündl. Mitteilung von Frau GOEDECKER-CIOLEK), muß eine zumindest zweiteilige Form des Oberleders angenommen werden, bei der Vorder- und Fersenteil lose übereinander lagen und nur an der Sohle durch ein gemeinsames Lederband und am oberen Rand durch den Schnürsenkel (siehe 3.1) leicht miteinander verbunden waren. Die lose Verbindung von Vorder- und Fersenteil erlaubt es, die Teile auszuwechseln, wodurch der Schuh leicht zu reparieren ist. Allerdings können an den nur übereinandergelegten Stellen Schnee und Nässe eindringen. Wenn sich aber Vorder- und Fersenteil stark überlappen, ggf. so weit, daß die beiden Enden des Fersenteils über dem Rist zusammenstoßen (Abb. 13, 14 u. 15) und das Vorderteil über (oder auch unter) dem vorderen Teil des Fersenteils liegt, sich somit über dem Rist eine doppelte Schicht Oberleder befindet (ähnlich wie bei unseren

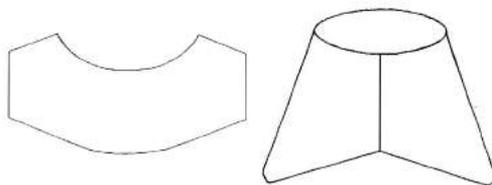


Abb. 12 (links) Schnitt des Fersenteils.

Abb. 13 (rechts) Über dem Rist zusammenstoßendes Fersenteil.

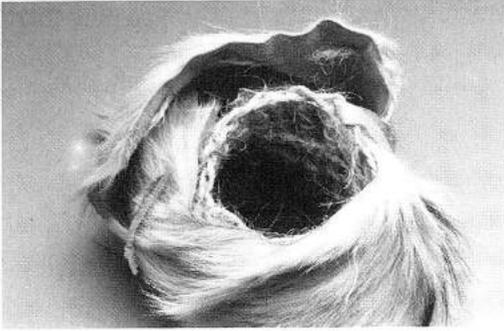


Abb. 14 Einblick in den rechten Schuh mit sich überlappendem Vorder- und Fersenteil und innenliegendem Netzgeflecht (Essener Rekonstruktion).

heutigen Schnürschuhen), wird ein Eindringen von Schnee und Nässe weitgehend verhindert.

Es gibt einen Umstand, der es wahrscheinlich macht, daß der Schuh des Mannes vom Tisenjoch tatsächlich diese Form des Oberleders besessen hat: Wenn, wie oben vermutet, das Oberlederfersenteil des rechten Schuhs schon während des Aufstiegs zum Tisenjoch verloren ging, und wenn sich das Gras ursprünglich zwischen Netzgeflecht und Oberleder befunden hat, dann wäre beim Abreißen des Fersenteils auch das Gras, das über dem Rist zwischen dem Netzgeflecht und den über der Mitte des Rists zusammenstoßenden Fersenteilenden lag, zusammen mit diesen Fersenteilenden aus dem Schuh herausgerissen worden und verloren gegangen. Der Teil des Oberledervorderteils, der über den Fersenteilenden gelegen hatte, wäre nun direkt, ohne Graszwischenlage, auf das Netzgeflecht zu liegen gekommen. Anders wäre es bei dem Teil des Oberledervorderteils gewesen, der – an der Zehenpartie – nicht über den Fersenteilenden gelegen hatte (Abb. 15). Das hier befindliche, zwischen Netzgeflecht und Oberleder liegende Gras wäre an seinem Platz verblieben. Bei Auf-

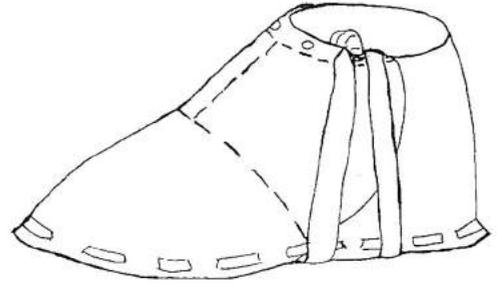


Abb. 15 Linker Schuh mit unter dem Vorderteil liegenden Fersenteilenden (gestrichelt).

findung des Schuhs hätte über der Zehenpartie das Gras auf dem Netzgeflecht liegen müssen, so, wie es tatsächlich der Fall war.¹² Über dem Rist hätte dagegen das Oberleder unmittelbar auf dem Netzgeflecht aufliegen müssen, ohne dazwischenliegendes Gras. Und genau das war auch der Fundzustand (mündl. Mitteilung von Frau GOEDECKER-CIOLEK). Dieser Befund setzt aber die oben beschriebene Form des Oberleders mit sich stark überlappendem Vorder- und Fersenteil voraus, wobei die Enden des Fersenteils über dem Rist zusammenstoßen. Wegen des hierzu notwendigen Fersenteils spricht dieser Befund damit auch gleichzeitig für einen Schuh mit vollständigem Oberleder und gegen eine Sandale als Fußbekleidung des Mannes vom Tisenjoch. Bei einer Sandale mit grasgepolstertem Fellschutz über dem Vorderfuß wäre auch das Gras auf dem Rist an seiner Stelle verblieben und dort zwischen Oberleder und Netzgeflecht angefundener worden. Da dies aber gerade nicht der Fall war, scheidet eine Sandale hier auch aus diesem Grunde aus.

Noch ein weiteres Indiz weist auf ein Oberleder mit sich lose überlappendem Vorder- und Fersenteil: An der lateralen Seite der Sohle war ein Lederriemen befestigt (Abb. 1 u. 6), der an der Schuhaußenseite zum oberen Rand führte, dort um den Schnür-



Abb. 16 Essener Rekonstruktion der Schuhe.

senkel verlief (Abb. 3, 4, 5 u. 6) und dann wieder zur Sohle zurückführte. Dieser Riemen liegt genau an der Stelle, an der sich Vorder- und Fersenteil überlappen (Abb. 15 u. Abb. 16). Er preßt, bei Anziehen des Schnürsenkels, beide Teile aneinander und verhindert so zusätzlich ein Eindringen von Schnee und Nässe. Dies kann er aber nur, wenn sich tatsächlich am Oberleder ein Vorder- und Fersenteil lose überlappen. Da hierzu ein Fersenteil vorhanden sein muß, spricht auch dieses Detail für einen Schuh mit vollständigem Oberleder (s. o.). Über eine Verbindung zwischen dem Oberlederfersenteil und dem Netzgeflecht am Schuhoberrand sagt der Befund nichts aus. Doch ist sie wahrscheinlich, da ohne sie das Netzgeflecht beim Anziehen des Schuhs und beim Laufen in diesen hineinrutschen würde. Daher wurden beide Teile in der Rekonstruktion durch einen schmalen, leicht beweglichen Lederriemen, der durch Schlitze im Oberleder und die Lücken zwischen den Längssträngen des Netzgeflechts gezogen war (Abb. 14), miteinander verbunden.

III. Zusammenfassung

Auf dem Hintergrund einer Rekonstruktion der Schuhe des Mannes vom Tisenjoch wurden die Fragen aufgezeigt, die der frag-

mentarische Fundzustand für eine Rekonstruktion der Schuhe aufwirft. Die Platzierung des bei den Schuhen gefundenen Grasses wurde diskutiert und eine Lösung für die bei dieser Frage zutage getretenen Widersprüche vorgeschlagen. Ferner konnte gezeigt werden, daß die in ihrem Aufbau zunächst sehr unterschiedlich erscheinenden Netzgeflechte aus dem linken und dem rechten Schuh sich beide als zweidimensionales Band darstellen lassen und daß sie nach ein und derselben Methode hergestellt werden können. Es wurden zwei Methoden vorgestellt, die für die Herstellung sowohl des linken als auch des rechten Netzgeflechts geeignet sind, darunter eine, die zur Herstellung der Geflechte ein dem Hochwebrahmen mit Gewichten ähnliches Hängegestell verwendet. Eine dritte hier vorgestellte Methode eignet sich dagegen nur zur Herstellung des Netzgeflechts aus dem linken Schuh. Als Schnitt des Oberleders erschien eine zweiteilige Form mit einteiligem, lose mit dem Vorderteil verbundenem Fersenteil und breitem Überlappen der beiden Teile am wahrscheinlichsten. Es wurde deutlich, daß es sich bei der Fußbekleidung des Tisenjochmannes wohl um einen vollständigen Schuh mit separater Sohle und dreischichtigem Oberteil gehandelt hat, welches aus einem zumindest zweiteiligen Oberleder, einem gitterartigen Grasschnurgeflecht und einem dazwischenliegenden Graspolster bestand. Zusätzlich war zwischen Schuh und Fuß eine weitere Schicht Gras als eine Art „Fußlappen“ eingestopft. Die Rekonstruktion¹³ ergab einen gebrauchstüchtigen, leicht zu reparierenden Schuh, der als Fußbekleidung des Mannes vom Tisenjoch durchaus hätte in Frage kommen können.

Danksagung

Frau Dr. Charlotte Trümpler sei hier ganz herzlich für die Durchsicht des Manuskripts und für wertvolle Verbesserungsvorschläge gedankt.

Mein Dank gilt auch Frau Roswitha Goe-decker-Ciolek für die bereitwillige Erteilung der Auskünfte.

Anmerkungen

- 1 Die rekonstruierten Schuhe wurden im Frühjahr 1997, zusammen mit den übrigen im Workshop erarbeiteten Bekleidungs- und Ausrüstungsstücken des Tisenjochmannes, in der Archäologischen Abteilung des Ruhrlandmuseums ausgestellt.
- 2 Alles berechnet nach den Maßen in Abb. 44 bei GOEDECKER-CIOLEK 1992, 103.
- 3 s. Abbildungsnachweis. Auf den originalen Farbfotos bei EGG u. SPINDLER (1992) und bei LIPPERT (1992) a.a.O. ist das Gesagte erheblich klarer zu erkennen, als auf den hier gezeigten sw-Abbildungen.
- 4 Das auf dem jetzt offen liegenden Grasfladen ursprünglich befindliche Oberleder dürfte erst post mortem durch Verrottung abhanden gekommen sein. Darauf deuten kleinere, dort aufliegende Lederpartikel (Abb. 4, s. Anmerkung 3) sowie der Erhaltungszustand des Grasfladens hin, der, bei Verlust des Oberleders noch zu Lebzeiten, sich sicherlich schon nach wenigen Schritten weitgehend aufgelöst hätte.
- 5 Bei einer Anordnung des Grasses zwischen Netz und Fuß wäre das Netz allenfalls als Oberteil einer Sandale sinnvoll, da es dort als einziger Halt das Gras an den Fuß pressen würde.
- 6 Die nicht sehr feste Verbindung des Oberleders mit der Sohle durch ein in Vorstichttechnik durch Sohle und Oberleder gezogenes schmales Lederband legt so etwas nahe, ebenso die Tatsache, daß bei beiden Netzgeflechden das Fersenteil beschädigt war oder sogar fehlte.
- 7 Zumindest, soweit es sich nicht unter den über dem Rist liegenden Fersenteilenden befunden hatte (s. 4.).
- 8 GOEDECKER-CIOLEK 1992, 101, schlägt als Hilfsmittel „ein Brettchen mit im Kreis eingeschlagenen Stiften“ vor.
- 9 Die erforderlichen Maße waren mit Hilfe einer Schnur zuvor vom Fuß abgenommen worden.
- 10 Für die Essener Rekonstruktion wurde als Aufhängegestell ein leicht abgewandelter moderner Sprangrahmen benutzt. Zum Spannen der Längsstränge dienten längliche, glatte Steine (Abb. 11).
- 11 Diese glatten Seitenkanten am Vorderteil des Oberleders könnten u.U. auch ein Indiz dafür sein, daß es ein Oberlederfersenteil nie gegeben hat und die Fußbekleidung des Mannes vom Tisenjoch aus einer Sandale mit einem Fellschutz über dem Vorderfuß bestand. Siehe aber 4.!
- 12 Bei einer zusätzlichen Lage Gras zwischen Netzgeflecht und Fuß (siehe 2.), hätte sich dort, wie im ganzen übrigen Schuh, auch noch Gras unter dem Netzgeflecht anfinden können.
- 13 In Ermangelung des Originalmaterials wurde als Ersatz verwendet: für die Sohle Kalbfell, für das Oberleder Ziegenfell und für die Schnüre, obwohl im Neolithikum unbekannt, Sisal. Die Lederbänder waren aus Hirschleder, das Gras war Heu vom Bauernhof.

Literatur

- EGG, M. u. SPINDLER, K. 1992: Die Gletschermumie vom Ende der Steinzeit aus den Öztaler Alpen. Vorbericht. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz, 39, 1992, 1 (ersch. 1995), 1-113.
- GOEDECKER-CIOLEK, R. 1992: Zur Herstellungstechnik von Kleidung und Ausrüstungsgegenständen. In: EGG, M. u. SPINDLER, K.: Die Gletschermumie vom Ende der Steinzeit aus den Öztaler Alpen. Vorbericht. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz, 39, 1992, 1 (ersch. 1995), 100-113.
- GROENMAN-VAN WAATERINGE, W. 1992: Analyses of the Hides and Skins from the Hauslabjoch. Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz, 39, 1992, 1 (ersch. 1995), 114-128.
- LIPPERT, A. 1992: Bekleidung und Ausrüstung. In: BARFIELD, L., KOLLER, E., LIPPERT, A.: Der Zeuge aus dem Gletscher. Das Rätsel der frühen Alpen-Europäer. Wien 1992, 76-96.
- WINIGER, J. 1995: Die Bekleidung des Eismanne und die Anfänge der Weberei nördlich der Alpen. In: SPINDLER, K., RASTBICHLER-ZISSERNIG, E., WILFING, H., z. NEDDEN, D., NOTHDURFTER, H. (Hrsg.): Der Mann im Eis. Neue Funde und Ergebnisse. Wien, New York 1995, 119-187.

Abbildungsnachweis

Abb. 1-7: Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz.

Abb. 1, 2, 3, 6 und 7: GOEDECKER-CIOLEK 1992, 102-105, entsprechend den Abb. 44, 43, 46, 45 und 42, wobei Abb. 42 durch Hinzufügen der Ziffern leicht verändert wurde.

Abb. 4: EGG u. SPINDLER 1992, 71, entspricht Farbtafel XVI links.

Abb. 5: LIPPERT 1992, nach 48, entspricht Farbtafel III Mitte rechts.

Abb. 11, 14 u. 16: Jens Nober, Ruhrlandmuseum Essen.

Alle übrigen Abbildungen stammen von der Verfasserin.

Anschrift der Verfasserin

Donja Malhotra
Daimlerstr. 10
D-45133 Essen

Holzbearbeitungstechnik als Gegenstand archäologischer Forschung – Ein Beitrag zur Forschungsgeschichte*

Petra Schweizer

„The study of prehistoric wood is still largely in a state of ‘Innocence’, unencumbered by previously constructed schemes, and thus in a position to be developed by methods appropriate to late-twentieth century archaeology, but without subjection to inapplicable trends in methodology.“¹

Vorwort

Holz, insbesondere Bauholz, spielte in der Archäologie lange Zeit nicht nur überlieferungsbedingt eine untergeordnete Rolle. Dies ist umso erstaunlicher, als Holz zu allen Zeiten von uneingeschränkter Bedeutung war und die Nutzung anderer Materialien erst ermöglichte. Holz wurde in großen Mengen für Bauzwecke verwendet, zur Schäftung von Werkzeugen oder als Brennmaterial. Schätzungen gehen davon aus, daß nur ein Millionstel dessen erhalten geblieben ist, was ursprünglich an hölzernen Materialien vorhanden war.² Um so erstaunlicher erscheint es, daß nicht einmal das Potential dieses kläglichen Restes, der uns heute zur Verfügung steht, in vollem Umfang ausgeschöpft wird. So ist Holz im Vergleich zu dauerhaften Fundmaterialien wie Keramik, Steinartefakten oder Metallgegenständen ins Hintertreffen

geraten, und speziell die Holztechnologie ist in der Archäologie als Desiderat zu bezeichnen.

Die *chaîne opératoire*

Ein technischer Arbeitsschritt kommt im allgemeinen nicht isoliert vor, sondern ist Teil einer Reihe verschiedener und gleichartiger Handlungen. Einer Analyse vorgeschichtlicher Holzbearbeitungstechniken darf also nicht einzelne Arbeitsschritte isoliert betrachten, sondern muß sie als Teil eines Prozesses verstehen.

Das Konzept der *chaîne opératoire* wurde in den 50er- und 60er-Jahren unter dem maßgeblichen Einfluß M. MAUSS³ und M. MAGETS⁴ entwickelt und von A. LEROI-GOURHAN für die Analyse technischer Prozesse eingeführt.⁵ Er definierte 1964:

„Die Technik ist zugleich Geste und Werkzeug. Beide werden durch eine regelrechte Syntax miteinander verkettet, die den Operationsfolgen zugleich ihre Festigkeit und ihre Feinheit verleiht. Die Syntax der Operationen wird vom Gedächtnis nahegelegt und entsteht zwischen dem Gehirn und der materiellen Umwelt.“⁶

Ein Jahr später diskutierte er sein Konzept der *chaîne opératoire* ausführlich im zweiten Teil von *Le geste et la parole, La mémoire et les rythmes*. Dabei betonte er u.a. den Einfluß von Erziehung und kollektiver Tradition bei der Entwicklung von *chaînes opératoires*, die, trotz einer mitunter weiten Verbreitung ihrer Grundformen, stark lokal gefärbt seien.⁷ Es sei demnach die Fähigkeit menschlicher Gesellschaften, technische Errungenschaften zu bewahren und die Aufgaben des Individuums, vorhandene Handlungsketten zu variieren und weiterzuentwickeln.⁸

Heute ist mit diesem Begriff das Ineinan-

dergreifen und die Abfolge von Handlungen gemeint, die vollzogen werden müssen, um aus einem Rohmaterial ein Produkt herzustellen.⁹ Eine *chaîne opératoire* läßt sich demnach weiter untergliedern in Abfolgen von Arbeitsvorgängen (*séquence d'opération*), einzelne Arbeitsvorgänge (*opération*) und einzelne Bewegungen (*geste*).¹⁰ Entsprechend läßt sich der Ablauf der Herstellung von hölzernen Bauteilen gliedern:¹¹

So kann das Fällen, Entasten, (der Transport)¹², Ablängen, Zerlegen und Zurichten¹³ als eine Abfolge von Arbeitsvorgängen betrachtet werden. Das Fällen läßt sich wiederum ebenfalls in eine Reihe von Arbeitsvorgängen untergliedern. Dabei wäre das Herausarbeiten einer Kerbe als einzelner Arbeitsvorgang und ein Beilhieb als einzelne Bewegung zu betrachten.

Das Konzept der *chaîne opératoire* umfaßt darüber hinaus jedoch auch eine Analyse der Form einer Bewegung, der Anzahl der am Herstellungsprozess beteiligten Personen, der Dauer einer einzelnen Bewegung oder eines Arbeitsvorganges, der Pausen, der Ergologie¹⁴ bestimmter Werkzeuge, des Werkplatzes, der regelhaften Abfolge bestimmter Bewegungen oder Arbeitsvorgänge und deren Varianten usw.¹⁵

Im folgenden Abriß der Forschungsgeschichte der prähistorischen Holzbearbeitungstechniken wird der Begriff der *chaîne opératoire* allerdings nur als Rahmen verwendet, um einzelne Elemente der Holzbearbeitungsprozesse strukturell einzuordnen, da es um konkrete, individuelle Techniken, um Einzelfälle nicht gehen wird. Vielmehr sollen einerseits die bisherigen Untersuchungen zu Holzbearbeitungstechniken in ihren Tendenzen analysiert und andererseits die Probleme und Möglichkeiten einer Holzarchäologie aufgezeigt werden.

Frühe Ansätze einer Holzarchäologie in der Pfahlbauforschung

Bereits im 1. Pfahlbaubericht beschrieb F. KELLER Experimente, die er angesichts der beobachteten Bearbeitungsspuren an den Pfählen der Seeufersiedlungen am Zürichsee durchführen ließ. Er wollte nachweisen, daß diese Spuren von Steinbeilen und nicht von Metallbeilen verursacht worden waren, und daß sich Steinbeile tatsächlich zur Holzbearbeitung eigneten. Auch erwähnte er in diesem Zusammenhang ethnographische Beobachtungen zur Holzbearbeitung, die bei „steinzeitlichen“ Kulturen Neuseelands gemacht werden konnten.¹⁶ KELLER berief sich also, wenngleich sehr rudimentär und beiläufig, bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts auf alle vier Grundpfeiler der Analyse ur- und frühgeschichtlicher Holzbearbeitung: auf die Holzfunde selbst, die Werkzeuge, die Erfahrung durch Experimente und die ethnographischen Quellen.

Direkte Aussagemöglichkeiten über die bei der Herstellung eines Objektes angewandten Techniken¹⁷

Zu Beginn dieses Jahrhunderts wurde von A. BULLEID und H. ST. G. GRAY die erste umfassende Arbeit über einen Naßholzkomplex vorgelegt. Alle nennenswert bearbeiteten Holzobjekte der eisenzeitlichen Siedlung Glastonbury in den Somerset Levels/England wurden beschrieben und entweder photographisch oder zeichnerisch abgebildet. Neben der Beschreibung der Formen, Holzarten, Maße und Fundzusammenhänge erfolgte eine allgemeine Darstellung der Art der Bearbeitungen. Leider sind die Zeichnungen stark schematisiert und die Photographien nicht detailliert genug, als daß sie für vergleichen-

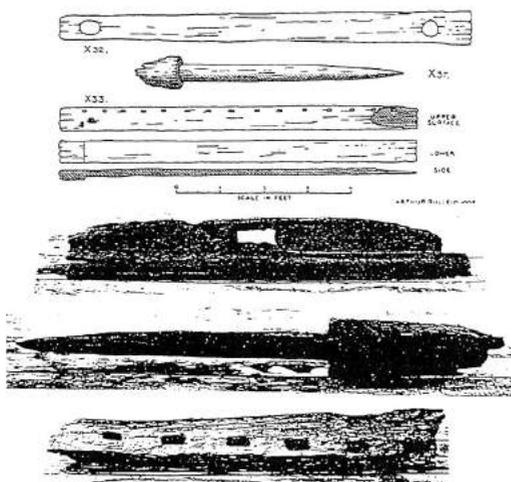


Abb. 1 Beispiel für die auf die äußere Form gerichtete zeichnerische und photographische Dokumentation der Holzobjekte von Glastonbury Lake Village (BULLEID, GRAY 1911, fig. 93; plate LVIII).

de Analysen oder differenziertere Studien herangezogen werden könnten (Abb.1).¹⁸ Doch ein Anfang war gemacht, und es bleibt unverständlich, warum dieses Vorbild zunächst kaum Nachahmung fand.

Aus den großen Flächengrabungen der zwanziger und dreißiger Jahre in süddeutschen und schweizerischen Seeufer- und Moorsiedlungen entwickelten sich keine systematischen Arbeiten zu den Bearbeitungstechniken der Bauhölzer; Hölzer wurden nur in Ausnahmefällen beobachtet und geborgen.¹⁹ Die Darstellung der Baubefunde dieser Grabungen erfolgte meist recht detailliert, die Holzuntersuchungen nach dem Zerlegungsgrad sind daher eher als Detail dieser Befundanalysen zu betrachten und nicht als direktes Interesse an Holzbearbeitungstechniken an sich zu verstehen.

Diese Tendenz setzte sich bis in die fünfziger und Anfang der sechziger Jahre fort, als schließlich ein verstärktes Interesse an vorgeschichtlichem Holz erwachte.²⁰

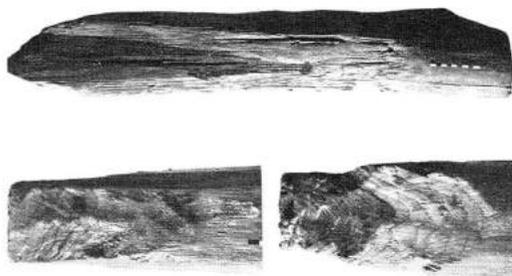


Abb. 2 Beispiel für eine auf die Bearbeitungsspuren gerichtete Dokumentation der Holzobjekte von Burgäschisee-Süd. (MÜLLER-BECK 1965, Taf. 45).

Auf der einen Seite ist H. HAYEN zu erwähnen, der sich seit der Jahrhundertmitte mit den Bohlenwegen und Moorfunden Nordwestdeutschlands beschäftigte und damit begann, die Bautechnik prähistorischer Moorwege zu untersuchen und vor allem eine Klassifizierung ihrer Konstruktionen zu erstellen. Er entwickelte als Grundlage für seine Untersuchungen ein Schema zur Zerlegung von Stämmen in Bretter und Bohlen und versuchte die Spaltvorgänge präziser zu analysieren. Er beschrieb z.B. Eindrücke an den Kanten des Holzes, aus denen er die Verwendung von Spaltkeilen erschloß, außerdem Hiebsspuren, Rißflächen, Klingensbreiten und -form.²¹

Auf der anderen Seite ist H. MÜLLER-BECK zu nennen, der erstmals vorgeschichtliche Holzbearbeitungstechniken eingehend untersuchte. Er legte einerseits das komplette Holzgeräteinventar von Burgäschisee-Süd vor, beschrieb die Objekte, ihre Herstellung und Verwendung, und analysierte andererseits detailliert die anhand des Materials nachweisbaren Holzbearbeitungstechniken (Abb. 2).²²

Diese Art der Auswertung von Bauholz wurde jedoch in den folgenden Jahren nicht automatisch aufgegriffen und weiter verfolgt. Auch im Anschluß an die Veröffentlichung MÜLLER-BECKS konzentrierte

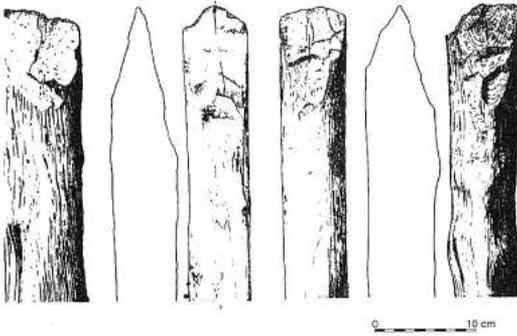


Abb. 3 Beispiele für die auf die Bearbeitungsspuren gerichtete Dokumentation der Bauhölzer aus den Somerset Levels (COLES, ORME 1985, fig. 13).

man sich bei der Auswertung von Strukturhölzern zumeist auf ihre Bedeutung für den Befund und behandelte die Bauelemente nicht als eigene Fundgattung.

In England begann man, sich wiederum erneut intensiv den Somerset Levels zu widmen. 1973 wurde schließlich das *Somerset Levels Project* ins Leben gerufen²³ und damit eine neue „Ära“ der Holzarchäologie eingeleitet.

Neben waldwirtschaftlichen Untersuchungen²⁴ stand dabei hauptsächlich die Holzbearbeitung im Vordergrund. Wenngleich das Bauholz auch hier nur exemplarisch vorgelegt wurde, so analysierte man seine Bearbeitungsspuren doch eingehend (Abb. 3).²⁵ Das einmalige Potential der Funde aus den Somerset Levels bestand darin, daß sowohl die gefundenen neolithischen, bronze- und eisenzeitlichen Hölzer als auch Werkzeuge die Möglichkeit eröffneten, die verschiedenen Holzbearbeitungstechniken anhand der Bearbeitungsfacetten, der vorhandenen Werkzeuge und rekonstruierenden Experimente (Abb. 4) zu untersuchen und vor allem miteinander zu vergleichen.

Etwa zeitgleich fand eine umfangreiche Notgrabung in den neolithischen Siedlun-

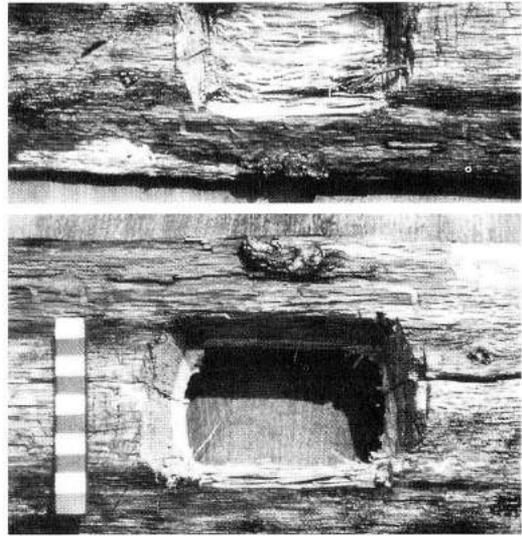


Abb. 4 Beispiel für die experimentelle Rekonstruktion von Bearbeitungsspuren, wie sie von den Hölzern der Somerset Levels bekannt sind (ORME, COLES 1983, fig. 42).

gen von Twann am Bieler See statt, die bereits vor Ort mit einem Holzlabor ausgestattet worden war. Hier wurden die Hölzer sofort holzanatomisch bestimmt und vor allem die Pfahlspitzen ausführlich klassifiziert.²⁶

Diese Art der Auswertung im Bereich der Grabungen in süddeutschen und schweizerischen Feuchtbodensiedlungen hat sich im Folgenden, von Ausnahmen abgesehen, mehr oder weniger als Standard etabliert: es entwickelte sich eine die Bearbeitungsspuren zwar grob beschreibende und klassifizierende, nicht jedoch auf die individuellen Bearbeitungsmarken der einzelnen Objekte und die damit verbundenen Interpretationsmöglichkeiten gerichtete Holzarchäologie, was bereits daran deutlich wird, daß dieses Fundmaterial im allgemeinen nur cursorisch dargestellt wurde und Kataloge mit Beschreibungen der Einzelobjekte zumeist fehlen.²⁷

Die Auswertung der Grabungen der ober-

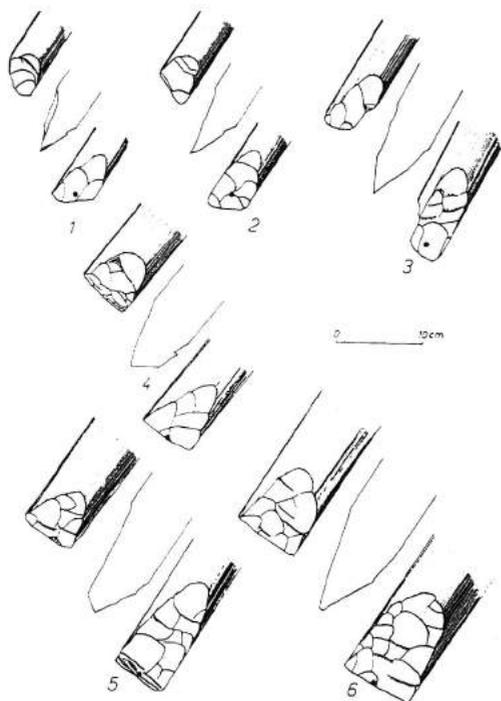


Abb. 5 Beispiel für die Dokumentation und den experimentellen Nachvollzug der Bearbeitungsspuren von Chalain III (CHOULOT u.a. 1997, 17; 18).

italienischen frühbronzezeitlichen Siedlung von Fivavé/Carera erfolgte zwar weitgehend in der Tradition der archäologischen Forschungen nördlich der Alpen, doch wurde den Pfählen im Rahmen der Vorlage der Baubefunde eine verhältnismäßig detaillierte Untersuchung zuteil. Sie wurden nicht nur nach ihrer allgemeinen Zerlegung und Zurichtung klassifiziert, sondern die Bearbeitungsspuren zum Teil auch auf die Form der verwendeten Werkzeuge hin analysiert.²⁸ Aber auch hier fehlte ein Konzept, das die Holzbearbeitungstechnik als eigenständigen Forschungsgegenstand begreift, obgleich die große Menge an gleichartigen Bauelementen eine vergleichende Studie der Bearbeitungsspuren und somit eine weitergehende Analyse von einzelnen Elementen der *chaîne opératoire* und ihrer Varianten ermöglicht hätte.

Ausnahmen von dieser Tendenz sind indes nicht unbedingt selten. B. ARNOLD untersuchte beispielsweise die Bauhölzer von Auvernier auf ihre Bearbeitungsspuren und die verwendeten Werkzeuge hin und diskutierte aufgrund eigener experimenteller Erfahrung die Möglichkeiten und Probleme bei der Handhabung von Bronzebeilen.²⁹ Außerdem analysierte er die Abfolge der einzelnen Arbeitsvorgänge bei der Produktion der Pfähle von Cortailod-Est und konnte dabei feststellen, welche Hölzer vor und welche erst nach dem Transport in die Siedlung gespalten wurden.³⁰ MÜLLER-BECK beschrieb und interpretierte detailliert die Bearbeitungsspuren der Bauteile von Niederwil.³¹ L. FISCHER rekapitulierte die bisherigen Ergebnisse der holztechnologischen Untersuchungen und nutzte sie zur Interpretation der Holzfunde

und der Werkzeuge der Roseninsel im Starnberger See.³²

Als richtungweisend darf in Deutschland die Strategie J. WEINERS und J. LEHMANNs gelten, die aufgrund detaillierter Untersuchungen, die individuelle Bearbeitungsspuren, Werkzeuge, Experimente und ethnographische Parallelen vereinen, möglichst viele Elemente der *chaîne opératoire* zur Herstellung des bandkeramischen Brunnens von Erkelenz-Kückhoven zu erfassen versuchten.^{**}

In Frankreich wurden sowohl am Material der neolithischen Siedlung von Charavines am Lac de Paladru³³ als auch am Material vom Lac de Chalain gezielte und zum Teil sehr differenzierte holztechnologische Untersuchungen vorgenommen. Die ca. 300 Bauelemente – Pfähle und liegende Hölzer – von Chalain 3 wurden minutiös analysiert, die Abfolge von Arbeitsvorgängen und Bewegungen unter Zuhilfenahme der Experimentellen Archäologie interpretiert und – wo möglich – soziale Implikationen abgeleitet (Abb. 5).³⁴

Auch in Großbritannien geht die Holzforschung in der Tradition des *Somerset Levels Project* weiter. Erste detaillierte Analysen an den bronzezeitlichen Bauhölzern von Flag Fen liegen vor.³⁵ In Irland sind Untersuchungen im Gange, die anhand von Schlagmarken die Mindestanzahl der an der Herstellung des eisenzeitlichen Bohlenweges von Corléa/County Longford verwendeten Werkzeuge ermitteln sollen.³⁶

Als avantgardistisch darf jedoch heute in Bezug auf die Auswertung der bearbeiteten Hölzer die Arbeit R. SANDS gelten, der aufgrund bildanalytischer und computergestützter Methoden bronze- und eisenzeitliche Bearbeitungsspuren interpretierte und so neue Grundlagen für die Analyse von Holzbearbeitungstechniken schuf.^{***}

Neben den Hölzern stehen jedoch noch

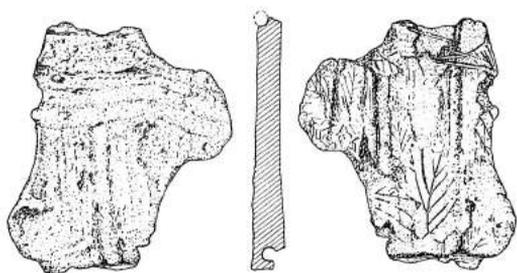


Abb. 6 Die Abdrücke von Blattstrukturen in den Hüttenlehmen von Ammerbuch-Reusten (SCHLICHATHERLE 1977, Abb. 1).

weitere Fundmaterialien zur Verfügung, an denen sich Elemente der Holzbearbeitungstechniken ablesen lassen.

Wie ergiebig eine genaue Untersuchung gebrannter Hüttenlehme sein kann, zeigt sich beispielhaft an den Abdrücken in den Baulehmen von Ammerbuch-Reusten, die so gut erhalten waren, daß sich anhand der in ihnen überlieferten Blattstrukturen die Verwendung von Haselnußblättern für die Isolierung der Wände nachweisen ließ (Abb. 6).³⁷ Auch die gebrannten Hüttenlehme von Ehrenstein lassen an den Abdrücken noch klar die Holzmaserung erkennen.³⁸ Wenn unter guten Erhaltungsbedingungen derart zarte Strukturen erkennbar sein können, so läßt sich die mögliche Aussagefähigkeit der Hüttenlehme auch für feinere holztechnologische Analysen kaum verleugnen.

Die Bedeutung der Hüttenlehmabdrücke war bereits in der Frühphase der Pfahlbauarchäologie bekannt, wenngleich sie nicht für eine Analyse der Holzbearbeitungsspuren, sondern nur zur Rekonstruktion von Baubefunden herangezogen wurden.³⁹ Daran hat sich kaum etwas geändert. Damals wie heute steht zumeist das Interesse an der groben Struktur des Wandaufbaus im Vordergrund,⁴⁰ man beschränkt sich zumeist darauf, die Querschnittsformen der verbauten Hölzer und deren Lage

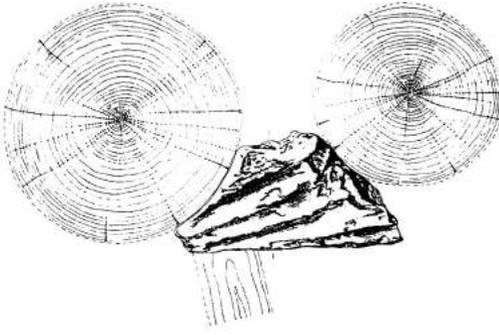


Abb. 7 Beispiel für die Rekonstruktion von Elementen des Wandaufbaus anhand der Abdrücke in den Hüttenlehm von Schernau (LÜNING 1981, Taf. 20, 4).

zueinander zu konstatieren (Abb. 7). Holzbearbeitungsmerkmale werden, außer im Zusammenhang mit der Querschnittsform der Hölzer – z.B. als *Spalt*-Holz angesprochen –, nur selten erwähnt. Als Ausnahme wäre beispielsweise E. HOLLSTEIN zu nennen, der deutliche Beilspuren an den gebrannten Hüttenlehm der Altburg bei Bundenbach identifizierte, die er dahingehend interpretierte, daß sie einer besseren Putzhaftung wegen angebracht worden seien.⁴¹

Ob nun diese Forschungssituation bezüglich der Hüttenlehme tatsächlich allein mangelnder Aufmerksamkeit und der Tatsache zuzuschreiben ist, daß die intensive Beschäftigung mit ur- und frühgeschichtlicher Holztechnologie einen relativ jungen und wenig verbreiteten Gegenstand der Forschung darstellt oder ob nicht doch die schlechte Erhaltung oder eine allzu grobe Magerung der gebrannten Hüttenlehme keine systematischen Untersuchungen zuläßt, ist aus der Literatur allerdings nicht zu klären, da einschlägige Kommentare zumeist fehlen.

In den meisten Fällen archäologischer Siedlungsfunde sind jedoch weder Hölzer noch gut erhaltene Reste gebrannten Hütten-

lehms überliefert, sondern nur das „dauerhafte“ Pfostenloch. Mitunter lassen sich in diesen Pfostenlöchern oder auch in Wandgräben anhand einer Verfärbung die Spuren zersetzter Hölzer erkennen, die im Idealfall die Dimension und Querschnittsform des Holzes wiedergeben. Die Aussagekraft dieser Spuren ist naturgemäß jedoch sehr begrenzt, denn letztendlich läßt sich nur feststellen, daß das Holz rund belassen oder zu einem gewissen Grad zerlegt wurde.

Diese cursorische Darstellung veranschaulicht hauptsächlich anhand der großen Feuchtbodengrabungen im zirkumalpinen Raum und auf den Britischen Inseln die Entwicklung des Umgangs mit Bauholzfunden. Es wird deutlich, daß sich das Interesse an diesem Fundmaterial in den vergangenen 150 Jahren stark gewandelt hat. Man löste sich von der alleinigen Betrachtung des Holzes als Teil eines Befundes und nähert sich heute einer technologischen Analyse der Einzelobjekte, um zu Erkenntnissen über die Abfolge technischer Arbeitsvorgänge zu gelangen. Die bisherigen Arbeiten beschäftigen sich jedoch zumeist nur mit Einzelaspekten, die in keinen konzeptuellen Zusammenhang eingebettet sind. Die Anzahl größerer, umfassend ausgewerteter Fundkomplexe ist demnach noch sehr gering, so daß vergleichende Untersuchungen bislang noch nicht möglich sind.

Dieses Problem läßt sich auf die Abdrücke von Bearbeitungsspuren in gebranntem Hüttenlehm übertragen. Auch der gebrannte Hüttenlehm wird zumeist nur als Teil eines Baubefundes behandelt; man sucht in diesem Befund allein Informationen über die Baustruktur, nicht jedoch über die Art der Holzbearbeitungstechniken.

Die Informationen, die Pfostenstandspu-

ren liefern können, sind hingegen zu unspezifisch, als daß sie die Holztechnikforschung entscheidend fördern könnten. Allein der Grad der Zerlegung mitsamt seinen Implikationen für die Bestandsstrukturen kann daraus erschlossen werden.

Indirekte Aussagemöglichkeiten über die angewandten Techniken – Zur Analyse der Funktion von Werkzeugen⁴²

Viele der heute als Holzbearbeitungswerkzeuge interpretierten Artefakte wurden nicht immer als solche erkannt und akzeptiert. Bis weit in die Neuzeit hinein wurden z.B. Steinbeilklingen nicht nur von der breiten Bevölkerung, sondern auch von Gelehrten als vom Blitz erzeugte „Donnerkeile“ bezeichnet.⁴³

Die vermeintlich einfachste Interpretation der Funktion von Artefakten erfolgt durch eine Analogiebildung, einem Vergleich mit jüngeren oder rezenten Geräten, deren Funktion hinreichend bekannt ist. Eine solche formale Analogie, unter bestimmten Voraussetzungen auch als direkte historische Analogie (*continuous model*)⁴⁴ bezeichnet, birgt jedoch einige Probleme. Die Tatsache, daß Artefakte aufgrund ihrer Form als Holzbearbeitungswerkzeuge dienen könnten, bedeutet nicht, daß sie unbedingt als solche verwendet wurden. I. HODDER bezeichnet diese Art formaler Analogien als „schwach“, da sie zufällig sein können.⁴⁵ Außerdem sind verschiedene Werkzeuggruppen, beispielsweise Knochen- oder Silexartefakte (Pfrieme, Ahlen, Kratzer und Bohrer usw.) funktional recht indifferent und werden teilweise sicherlich unterschiedlichen Tätigkeiten bzw. der Bearbeitung unterschiedlicher Materialien gedient haben.

A. RIETH interpretierte bereits 1949/50 band-

keramische geschliffene Felsgesteingeräte, sogenannte Schuhleistenkeile, aufgrund einer mitunter auftretenden gekehlten Schneide als Holzbearbeitungsgeräte,⁴⁶ da die in ihrer Herstellung aufwendige Kehlung für die Bodenbearbeitung unsinnig sei. Außerdem habe die praktische Erprobung einer solchen Klinge nachgewiesen, daß sie zur Holzbearbeitung eingesetzt werden könne.⁴⁷

F. KLOCKE versuchte 1956 ebenfalls anhand der Form nachzuweisen, daß die lange Zeit als Flachhacken für die Bodenbearbeitung interpretierten geschliffenen Steinklingen Holzbearbeitungsgeräte seien. Sowohl die Krümmung in der Schneide als auch der Schliff von Ober- und Unterseite widerspräche gänzlich einer Verwendung als Bodenbearbeitungsgerät, da diese Merkmale für diese Tätigkeit unnötig seien; außerdem existierten die Klingen in verschiedenen Größen und seien zum Teil so klein, daß sie sich bereits aus praktischen Gründen nicht zur Bodenbearbeitung eigneten; darüber hinaus zog er Parallelen zu zeitgenössischen Böttchermestern, die gleichartige Werkzeuge aus Stahl besäßen, nämlich Dechsel, die zur Bearbeitung flacher und konkaver Flächen dienten.⁴⁸ Er versuchte demnach anhand praktischer Überlegungen und formaler Analogien zu einer Interpretation zu gelangen. Aus welcher Erfahrung seine praktischen Überlegungen resultierten, bleibt jedoch unklar. Es scheint aber, als verlasse er sich auf seinen von der heutigen Lebenswelt geprägten „gesunden Menschenverstand“ und nicht auf experimentelle Erfahrungen.

Dieselbe Thematik wurde von anderer Seite, jedoch mit grundsätzlich anderen Ansätzen angegangen. Nachdem bereits P. QUENTE 1914 den Abnutzungsgrad von Klingen als Kriterium für ihren Verwen-

dungszweck erkannt hatte,⁴⁹ interpretierte G. HÖLTKE 1947 die Schuhleistenkeile nicht allein nach völkerkundlichen Parallelen⁵⁰ und ihrer extremen Größenvariabilität, sondern insbesondere aufgrund der Gebrauchs- und Schleifspuren explizit als Steinbeile und gab somit entscheidende Impulse.⁵¹

B. BRENTJES wiederum versuchte 1956 anhand von Experimenten und dem Vergleich von Gebrauchsspuren zu beweisen, daß die als Schuhleistenkeile bezeichneten neolithischen Steinklingen nicht als Holzbearbeitungswerkzeuge, sondern als Pflugscharen dienten.⁵²

Ende der fünfziger und Anfang der sechziger Jahre nahm sich E. HENNIG erneut des Problems der sogenannten Flachhacken und der Schuhleistenkeile an. Er kritisierte die Unwissenschaftlichkeit der bisherigen Experimente; sie seien nicht repräsentativ, da sie keine größeren Versuchsreihen umfaßten und es sich nur um isolierte Einzelexperimente handele. Außerdem habe man weder die Herstellungs- noch die Verwitterungsspuren von den Gebrauchsspuren differenziert.⁵³ In seiner Diplomarbeit nahm er die bisher geführte Diskussion auf und verglich noch einmal die Formen und Gebrauchsspuren vergleichbarer Schuhleistenkeile aus der Ethnographie mit den neolithischen Klingen, analysierte kritisch die bislang durchgeführten Experimente und führte außerdem neue praktische Versuche durch, die seine Theorie vom Holzbearbeitungswerkzeug stärken und die Deutung als Pflugschar falsifizieren sollten.⁵⁴ Auch für die Form der sogenannten Flachhacken zog er ethnographische Parallelen heran, die eine Interpretation als Dechsel zu bestätigen schienen, doch er betont selbst, daß mit einer Analogie der Form nicht unbedingt eine Analogie der Funktion einhergehen müsse. Ausschlag-

gebend seien vielmehr die Gebrauchsspuren.⁵⁵ Deshalb verglich er die Gebrauchsspuren sogenannter Flachhacken mit denen der Steinbeile, „welche von uns uneingeschränkt als Holzbearbeitungsgeräte anerkannt werden“⁵⁶ und führte mit den Flachhacken Hackversuche durch, um die Abnutzungsspuren zu analysieren. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen bestätigten ihn in seiner Annahme, daß es sich bei dieser Artefaktgruppe tatsächlich um Holzbearbeitungswerkzeuge handle.⁵⁷ Es läßt sich feststellen, daß die bislang dargestellten Gebrauchsspurenuntersuchungen allein dem Zwecke dienten, sich zwischen zwei diskutierten Funktionsvorschlägen zu entscheiden. Die durchgeführten Experimente dienten demnach der Überprüfung von Hypothesen. Man beschränkte sich dabei allein auf die Analyse makroskopisch sichtbarer Merkmale und deren Lage auf dem Artefakt.⁵⁸

Eine Weiterentwicklung dieser Methode zur Interpretation der Funktion von Stein- und Knochenartefakten stellt die Mikrogebrauchsspurenanalyse dar. Diese 1957 erstmals von SEMENOV⁵⁹ ausführlich dargestellte und später hauptsächlich von KEELEY⁶⁰ ausgebaut Methode basiert auf der Erkenntnis, daß die Bearbeitung unterschiedlicher Materialien (z.B. von weichem und hartem Holz, Knochen, Fell, Gräsern usw.) selbst auf härtesten Steinartefakten charakteristische feinste Gebrauchsspuren hinterläßt, die zum Teil bereits makroskopisch, hauptsächlich jedoch mikroskopisch unterschieden werden können.

Als Grundlage für die Interpretation sind stets Vergleichsmaterialien notwendig, die experimentell erzeugt werden. Mit Repliken der zu analysierenden Artefakte werden verschiedene Materialien mit jeweils unterschiedlichen Techniken bearbeitet und die dabei entstandenen Gebrauchs-

spuren anschließend mit denjenigen auf den Originalobjekten verglichen. Im Idealfall kann nicht nur das bearbeitete Material, sondern auch die Arbeitstechnik analysiert werden.

Bei der Mikrogebrauchsspurenanalyse geht es also nicht mehr ausschließlich darum, bestimmten Artefaktgruppen die eine oder andere Funktion zuzuordnen, sondern hauptsächlich darum, indifferente Artefakte einer Individualdiagnose zu unterziehen und Funktion und Handhabung präziser zu fassen. Die durchgeführten Experimente dienen demnach sowohl dem Hypothesentest als auch der Hypothesenbildung. Fünf Formen von Spuren werden bei der Mikrogebrauchsspurenanalyse untersucht: Aussplitterungen, Striae,⁶¹ Verrundungen, Mikropolituren und Rückstände.⁶²

Die große Zahl von Publikationen über Mikrogebrauchsspurenanalysen an Silexinventaren ist kaum überschaubar. Gleichartige Analysen an Felsgesteinartefakten wurden hingegen nach den ersten Studien SEMENOVs lange Jahre erstaunlich vernachlässigt. Es scheint, als habe man sich für die Felsgesteinklingen mit der Theorie vom Holzbearbeitungswerkzeug abgefunden und betrachte weitergehende Untersuchungen über die Form der angewandten Holzbearbeitungstechniken als überflüssig. Daß sie indes nicht unnötig sind, zeigen z.B. Versuche über die Schäftung und Anwendung der sogenannten Schuhleistenkeile und Flachbeile. Anhand experimenteller Erfahrung und praktischer Überlegungen versuchte man nachzuweisen, daß diese beiden Holzbearbeitungswerkzeuge zu unterschiedlichen Arbeiten eingesetzt worden seien, daß Schuhleistenkeile quer, Flachbeile parallel geschäftet gewesen sein müßten.⁶³ Anhand der Gebrauchsspuren wurden diese Hypothesen jedoch nicht überprüft. Dabei belegen die

wenigen Untersuchungen an den Schneiden von Felsgesteinartefakten eine recht sichere Möglichkeit zur Differenzierung von Beil- und Dechselklingen. Im Gegensatz zu quergeschäfteten Klingen verlaufen die Striae auf parallel geschäfteten Werkzeugen weder parallel zueinander noch senkrecht zur Schneide und sind darüber hinaus viel größer und länger.⁶⁴ Außerdem verteilen sich die Striae bei Dechseln nicht so gleichmäßig auf beide Breitseiten der Klinge wie beim Beil, da die beiden Seiten einer unterschiedlichen Beanspruchung ausgesetzt sind.⁶⁵ Die Striae von Dechselklingen und Beiteln sind jedoch anhand ihrer Richtung nicht zu differenzieren, sie verlaufen entsprechend ihrer Arbeitsrichtung jeweils senkrecht zur Klinge.⁶⁶

Gleichwohl stellten sich in jüngerer Zeit weitere Fragen nach der Schäftung dieser Artefakte.⁶⁷ Die Mikrogebrauchsspurenanalyse am Nacken und im mittleren Bereich der Steinklingen lassen ebenso wie diejenigen an der Schneide Rückschlüsse auf Kontaktmaterialien zu. Dies ist z.B. für die Diskussion über die Verwendung von Zwischenfuttern oder für die grundsätzliche Frage nach einer Schäftung und somit wiederum nach der Funktion von Bedeutung. Auf diese Weise lassen sich z.B. geschäftete Klingen von Beiteln unterscheiden.

An Knochen- und Gehirteartefakten wurde die Gebrauchsspurenanalyse in noch viel geringerem Maße für die Funktionsbestimmung eingesetzt als an Felsgestein-geräten. Indifferente Begriffe wie Meißel, Spitze, Ahle, Pfriem und Stichel werden zumeist verwendet, ohne mit einer bestimmten Funktion assoziiert zu sein.

Die Ansprache von Knochengeräten bestimmter Form als Meißel (gemeint ist: Beitel) geht in das vergangene Jahrhun-

dert auf S. MÜLLER zurück und basiert auf der Beobachtung von Gebrauchsspuren und Brüchen.⁶⁸ Sie wurden jedoch erst viel später auch praktisch angewendet und erwiesen sich zumindest für eine Verwendung für grobe Arbeiten auf grünem Holz als gut geeignet.⁶⁹

Nach B. SCHLENKER ist eine eindeutige Benutzung eines prähistorischen Artefaktes als Beitel nur über Stauchungen und Aussplitterungen am Nacken nachzuweisen, die bei einem Schlag mit einem stumpfen Gerät entstehen.⁷⁰ Darüber hinaus könne anhand der durch Handflächenreibung und Schweiß entstandenen Polituren am Schaft einer Knochenklinge festgestellt werden, ob ein Gerät möglicherweise geschäftet gewesen sei oder nicht.⁷¹ Als Beitel würden neben Schaftabschnitten häufig Knochenfragmente mit proximaler oder distaler Gelenkfläche als Schlagfläche verwendet. Hingegen seien andere, aufgrund ihrer Form oft als „Meißel“, bzw. Beitel, angesprochene Diaphysenbruchstücke von Röhrenknochen, die jedoch weder Schlagspuren noch Griffpolituren aufwiesen – indes allerdings eine plangeschliffene Unterseite besäßen – eher als Beil- oder Dechselklingen zu interpretieren, wie eine in geschäfteter Form aus Lüscherz⁷² bekannt ist.⁷³

Inwieweit bei Knochenartefakten wie bei Silexgeräten Rückschlüsse auf das bearbeitete Material möglich sind, muß angesichts fehlender Untersuchungen offenbleiben, es ist jedoch anzunehmen, daß hier noch ein beträchtliches Informationspotential verborgen liegt.

Erste Mikrogebrauchsspurenanalysen wurden jüngst an mesolithischen Geweihhäxten der Ertebølle-Kultur durchgeführt. Die durchgeführten Experimente dienten neben der Produktion von Vergleichsmaterial der Erprobung der effektiven Anwendbarkeit dieser Geräte im Vergleich zu verschiedenen

anderen Beiltypen.⁷⁴ Der Gebrauchsspurenanalyse von Geweihartefakten kommt entgegen, daß sich in der Spongiosa der Artefakte häufig Reste des Kontaktmaterials absetzen, ein Tatbestand, der die Funktionsdeterminierung erheblich erleichtert.

Neben diesen Untersuchungen zur Gebrauchsbestimmung von Werkzeugen sind Experimente verbreitet, die der Frage nach der effektiven Anwendbarkeit potentieller Holzbearbeitungswerkzeuge nachgehen.

Ein frühes Experiment dieser Art wurde 1891 von G.V. SMITH durchgeführt.⁷⁵ Er wollte J.J.A. WORSAAES Theorie widerlegen, wonach einfache geschlagene Feuersteinklingen nicht als Beil hätten verwendet werden können,⁷⁶ und hoffte, somit die anhaltende Diskussion über dieses Thema zu beenden. Die einzige Möglichkeit, die verschiedenen Theorien zu überprüfen, sah er in der praktischen Erprobung. Er fertigte verschiedene Schäftungen nach ethnologischen und archäologischen Vorbildern, entschied sich für eine Schäftung, die ihm aus schweizerischen Seeufersiedlungen bekannt war, übertrug die praktische Ausführung des Experiments einem Zimmermann und ließ ihn damit Kiefern auf verschiedene Art bearbeiten. Das Ergebnis veranlaßte ihn zu der klaren Aussage, daß diese Klingen als Beilklingen verwendet worden seien.

R. PLEYER veröffentlichte erst jüngst seine praktischen Versuche zur Überprüfung der These, daß sogenannte Geweihhacken als Geräte zur Holzbearbeitung gedient haben könnten.⁷⁷ Er kam zu dem Ergebnis, daß eine Geweihhacke zum Zurichten von Holz sehr geeignet, zum Fällen von Bäumen hingegen unbrauchbar sei.

Diese Art von Versuchen, die wiederum zur Kategorie der hypothesentestenden Experimente gehören, ist indes auch gera-

de in jüngster Zeit, nachdem die theoretischen Grundlagen und Möglichkeiten bereits seit Jahren diskutiert werden, in der Experimentellen Archäologie keineswegs selten. Als weiteres Beispiel seien nur die „Experimente“ zur Erprobung der Multifunktionalität urnenfelderzeitlicher Rasiermesser genannt: Um zu beweisen, daß diese Messer zu verschiedenen Zwecken genutzt werden konnten, wurden mit ihnen verschiedene Materialien bearbeitet und verschiedene Tätigkeiten durchgeführt, z.B. Haarschneiden, Rasieren, Fleischverarbeitung und Zerlegung von Wild.⁷⁸ Daß mit einem scharfen Gegenstand verschiedene Tätigkeiten möglich sind, dürfte jedoch bereits vorher bekannt gewesen sein. Das Ziel dieser hypothesentestenden Experimente ist ein Ergebnis der Art: „Es ist möglich“. Der tatsächlichen Funktion von Geräten kommt man auf diese Weise jedoch nicht näher.

Diese Art von Experimenten unterscheidet sich von den bereits genannten dadurch, daß keine weitere Überprüfung der nicht-falsifizierten Hypothese vorgenommen wird.

Angesichts des Umstandes, daß aufgrund der Quellenlage Werkzeuge im allgemeinen die einzigen Hinweise auf die Holzbearbeitung zu liefern vermögen, sollten die Methoden für die Funktionszuweisung dieser Geräte voll ausgeschöpft werden. Die Tatsache, daß gerade im Bereich der Mikrogebrauchsspurenanalyse Felsgestein-, Knochen- und Geweihartefakte bis in die jüngste Zeit vernachlässigt wurden, kann nicht weiter hingeworfen werden. Man vergibt die Möglichkeit, in einen Bereich vorzudringen, der häufig ohnehin nur indirekt faßbar ist und gegenüber anderen Bereichen der Technikforschung – die sich mit technischen Vorgängen befassen, deren Produkte im allgemeinen weitgehend

überliefert sind (Töpferei und Keramik, Metallurgie und Metall) – stark benachteiligt ist.

Während die „Rasiermesser-Experimente“ an sich unnötig waren, da sie beliebig in gleicher Weise fortgeführt werden könnten, ohne zu einem aussagekräftigen Ergebnis zu gelangen, sollten Experimente wie die Holzbearbeitung mit einer sogenannten Geweihhacke durch eine anschließende Analyse der Gebrauchsspuren und deren Vergleich mit Originalfunden ergänzt werden. Es gilt ein Potential zu nutzen, das heute durch etablierte Methoden festen Boden unter den Füßen gewonnen hat und letztendlich das „Es ist möglich“ durch ein „Es ist (höchst-) wahrscheinlich“ oder ein „Es ist zwar möglich, jedoch nicht so gewesen“ ersetzen könnte. Versuche, zu einer immer weitergehenden Differenzierung der Funktion einzelner Werkzeuge zu gelangen, wurden anhand der Form und Größe der Bearbeitungsspuren auf Naßhölzern unternommen.⁷⁹ Tendenzen sind zwar erkennbar, beispielsweise zwischen Werkzeugen für Fäll- und Ablängvorgänge einerseits und die Oberflächenüberarbeitung andererseits zu unterscheiden,⁸⁰ doch bereits die ethnographischen Analogien zeigen, daß hier keine generelle Abgrenzung möglich ist. Studien zur Geschichte von Holzbearbeitungswerkzeugen sind nicht selten, häufig jedoch handelt es sich um populärwissenschaftliche Werke, in denen die prähistorischen Werkzeuge nur sehr cursorisch behandelt werden.⁸¹

Ergologie von Werkzeugen

Die für die Herstellung von Architekturteilen wichtigsten Holzbearbeitungswerkzeuge sind folgende Gerätegruppen: Äxte/

Beile, Dechsel, Keile, Beitel, Sägen, Hobel und Bohrer.⁸²

All diese Werkzeuggruppen lassen sich in unzählige Einzeltypen untergliedern, die einerseits eine zeitliche und materielle Entwicklung sowie kulturelle Unterschiede, andererseits eine zunehmende funktionale Differenzierung repräsentieren.

A. LEROI-GOURHAN faßt Werkzeuge zu drei Grundkategorien zusammen: Druckwerkzeuge, die auf Druckperkussion⁸³ (Bohrer, Säge, Hobel), Schwungwerkzeuge, die auf Schwungperkussion (Beil, Dechsel) basieren und Druckwerkzeuge, die mit einem Schwungwerkzeug kombiniert werden (Beitel, Keil).⁸⁴ Diese drei Kategorien unterscheiden, abgesehen von der Bewegung und dem Ziel der Tätigkeit, das Verhältnis von Kraftaufwand und Arbeitsgenauigkeit. Die Druckperkussion sei durch eine große Genauigkeit und geringe Kraft, die Schwungperkussion durch einen großen Kraftaufwand und eine geringere Genauigkeit und die kombinierte Perkussion durch eine große Genauigkeit und einen großen Kraftaufwand charakterisiert. Diese Auffassung vereinfacht indes stark die Realität. Es wird dabei nicht berücksichtigt, daß mit einem geringen Kraftaufwand pro Bewegung noch nichts über die Gesamtsumme des für einen Arbeitsgang notwendigen Kraftaufwandes ausgesagt ist. Ein einzelner Beilhieb benötigt möglicherweise mehr Kraft und mehr Energie als eine Bewegung mit dem Hobel. Mit dem Hobel können jedoch nur kleine Späne abgehoben werden. Um also dieselbe Menge an Holz abzarbeiten wie mit dem Beil, müssen entsprechend mehr Bewegungen ausgeführt werden, die in der Summe möglicherweise den mit dem Beil notwendigen Kraftaufwand übersteigen. Der Sinn eines Vergleichs der Kraftaufwendung muß ohnehin dahingestellt bleiben, da mit den

verschiedenen Werkzeugen unterschiedliche Ziele verfolgt werden und die Wahlmöglichkeit zwischen zwei Techniken im allgemeinen gar nicht besteht. Während des Neolithikums z.B. wurden Bretter durch Spalten mit Keilen hergestellt; die Möglichkeit zur Säge zu greifen, bestand überhaupt nicht.

Eine Einteilung der Werkzeuge in Druck- und Schwungwerkzeuge erscheint dennoch sinnvoll, da sie bestimmte Formen der Bewegung impliziert, die Grundeinheit der *chaîne opératoire*.

Ist ein Gerät sicher als Holzbearbeitungswerkzeug erkannt, so können allgemeine Rückschlüsse gezogen werden. Da den einzelnen Werkzeuggruppen durch ihre Gestalt bereits eine bestimmte Funktion und somit auch eine bestimmte Form der Bewegung immanent ist, läßt sich einerseits die Grundeinheit der *chaîne opératoire*, eben die Bewegung, in ihrem groben Ablauf, andererseits eine bestimmte Art der Holzbearbeitung konstatieren.

Trotz der geradezu banalen Einfachheit einer solchen Feststellung scheint sie jedoch aus dem Material bislang kaum abgeleitet worden zu sein. Selbst nachdem Beilklingen als solche erkannt worden waren, schenkte man weniger ihrer Bedeutung als Werkzeug, als vielmehr ihrer Form Beachtung.

Beobachtungen zur Ergologie von Werkzeugen, also zur Form ihrer Anwendung, sind eher selten Gegenstand archäologischer morphotechnologischer Untersuchungen⁸⁵ und ebenso selten das direkte Ziel von Experimenten. Im Experiment sind Beobachtungen zur Ergologie von Werkzeugen vielmehr als „Nebenprodukte“ von Versuchen mit anderen Schwerpunkten zu betrachten.⁸⁶ Diese Beobachtungen ermöglichen mit zunehmender Erfahrung zwar Erkenntnisse über eine

optimale Führung der Geräte, wie sie jedoch eingesetzt wurden, ist aufgrund des Werkzeuges alleine nicht erfahrbare, sondern bedarf der Verbindung mit der Beobachtung von Bearbeitungsspuren am hölzernen Originalfund.⁸⁷ Außerdem müssen derartige Experimente oft bereits daran scheitern, daß die Schäftung der Werkzeuge – Schaftlänge und Form – nicht bekannt ist. Inwieweit ist jedoch die Bewegung als Glied der *chaîne opératoire* aus dem archäologischen Befund tatsächlich noch zu rekonstruieren, muß man doch angesichts des hohen Verschleißes von Steinklingen beim experimentellen Nachvollzug vorgeschichtlicher Holzbearbeitungstechniken im Vergleich zu ethnographischen Beobachtungen davon ausgehen, daß die Bewegungen der Experimentatoren häufig nicht mit der ursprünglichen Hiebtechnik übereinstimmt?⁸⁸ Vielen Experimenten gehen keine ausführlichen Vorversuche voraus, in deren Rahmen die Experimentatoren die Handhabung der Werkzeuge intensiv erproben könnten. Jedoch nur auf diese Weise läßt sich eine wahrscheinliche Annäherung an eine dem Werkzeug immanente, günstigste Handhabung in verschiedenen Situationen erreichen. Mehr ist nicht möglich. Einzig anhand der überlieferten Bearbeitungsspuren kann überprüft werden, ob zumindest der Winkel, in dem das Werkzeug auf dem Werkstück auftrifft, in etwa mit demjenigen der Experimente übereinstimmt.

Vermehrte Anhaltspunkte zur Ergologie von Werkzeugen vermag uns hingegen die Völkerkunde zu liefern, da sowohl ethnographische Beobachtungen als auch gezielte ethnoarchäologische Studien gerade über Steingeräte relativ häufig sind. Ethnographische Parallelen wurden bereits im 19. Jh. von verschiedenen Wissenschaftlern zur Beantwortung der Frage

nach der Verwendung von Steinartefakten als Holzbearbeitungswerkzeug herangezogen. KELLER⁸⁹ wurde bereits erwähnt, hinzukommen u.a. M. HOERNES⁹⁰, O. MONTLIUS⁹¹ und auch L. PFEIFFER⁹².

Häufig beziehen sich ethnographische Kommentare auf die Fälltechnik. Immer wieder wird erwähnt, daß besonders große, massive Bäume geringelt und später durch Feuerlegung und wiederholtes Herausschlagen des brüchig und spröde gewordenen verkohlten Holzes gefällt wurden.⁹³ Auch der *driving tree fall* wurde mehrfach beobachtet, eine Technik, bei der durch den Fall eines großen Baumes mehrere angekerbte kleinere Bäume mitgerissen werden.⁹⁴

Gezielte Untersuchungen zur Holzbearbeitung wurden wiederholt bei den Aborigines Australiens durchgeführt. Noch in den dreißiger Jahren konnte in Westaustralien beispielsweise das Fällen von Bäumen mittels eines Choppers beobachtet und sowohl photographisch als auch filmisch dokumentiert werden.⁹⁵ Aus Zentralaustralien wurde berichtet, wie ein lebender Baum auf charakteristische Weise mit einfachen aufgelesenen Steinen gekerbt und gespalten wurde.⁹⁶ Darüber hinaus konnte beispielsweise die grobe Zurichtung von Gegenständen mit unbearbeiteten Steinwerkzeugen erfaßt werden.⁹⁷ Diese Formen der Holzbearbeitung dürften die ursprünglichsten noch beobachtbaren Techniken darstellen, die heute jedoch vermutlich nicht mehr angewendet werden.

Der ethnographische Film spielt ohnehin eine herausragende Rolle für die Untersuchung der Ergologie von Werkzeugen.

Das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, befindet sich im Besitz einer Reihe ethnographischer Filme unterschiedlicher Aussagekraft, die von Waldarbeit und Holzbearbeitung handeln.

Im Gegensatz zu den schriftlichen ethnographischen Quellen vermitteln Filme stets die Information, *wie* etwas getan wird. Das Problem publizierter ethnographischer Filme besteht jedoch darin, daß sie zum Teil stark gekürzt werden, und somit einzelne Arbeitsvorgänge nicht mehr oder nur sehr ausschnitthaft wiedergeben. Gerade für Filme, die den Anspruch erheben wollen, den Anforderungen der Forschung zu genügen, ist dies bedauerlich. Werden die primär hoffentlich weitgehend objektiven Aufnahmen nach subjektiven Kriterien gekürzt, so verlieren die Filme ihre Aussagekraft für viele individuelle Fragestellungen einzelner Forschender.

Für die Dokumentation einer *chaîne opératoire* ist ein Film jedoch trotzdem von unschätzbarem Wert, da keine noch so gute schriftliche Beschreibung die tatsächlichen Arbeitsvorgänge, die Bewegungen, Zwischenfälle, sozialen Komponenten usw. so detailliert wiedergeben könnte wie die Cinematographie.

Der Film als Medium sollte viel häufiger als Dokumentationsform eingesetzt werden als bislang allgemein üblich. Dies gilt indes nicht allein für die Ethnographie oder die Ethnoarchäologie, sondern in gleichem Maße auch für die Experimentelle Archäologie,⁹⁸ da er Bewegungsabläufe konserviert und somit für spätere Auswertungen, Vergleiche und Beurteilungen von Ergebnissen eine größere Materialbasis bietet als bloße publizierte Daten.

Neben gezielten ethnoarchäologischen Untersuchungen zur Handhabung von Steinbeilen, wie beispielsweise von A. STEENBERG zu Beginn der achtziger Jahre⁹⁹ oder jüngst von A.-M. und P. PÉTREQUIN bei den Ureinwohnern Papua-Neuguineas,¹⁰⁰ treten jedoch auch sehr problematische Formen der „Ethnoarchäologie“ auf. Als Beispiel mögen die Untersuchungen CARNEIROS

in Südamerika dienen. Seinen Bestrebungen, bei den Amahuaca Ost-Perus und den Yanomami Süd-Venezuelas steinzeitliche Holzbearbeitungstechniken studieren zu können, war kein Erfolg beschieden, da diese Gruppen bereits seit einigen Jahrzehnten keine Steinbeile mehr verwendeten. Bei den Amahuaca traf er auf alte Menschen, die sich daran erinnerten, selbst noch mit dem Steinbeil gearbeitet zu haben, andere wiederum konnten aus zweiter Hand davon berichten.¹⁰¹ Von den Yanomami erinnerte sich hingegen keiner mehr an diese Zeit. Dennoch ließ CARNEIRO von einem lediglich mit dem Metallbeil vertrauten Mann Bäume fällen und dokumentierte äußerst präzise die Arbeitsabfolge und -zeit.

CARNEIRO erkannte zwar die Problematik seines Unternehmens selbst, er ging jedoch davon aus, daß die Fähigkeiten im Umgang mit dem Metallbeil quasi auf das Steinbeil übertragbar seien, daß damit zwar keine perfekte Reproduktion, aber doch eine gewisse Annäherung möglich sei.¹⁰² Er betrachtete die Technik des Fällens demnach als ein Verfahren, das sich langsam und kontinuierlich entwickelt bzw. verändert und sich somit innerhalb weniger Jahrzehnte noch nicht stark gewandelt haben dürfte. Da sich jedoch die Grundlage dieser Technik, das Werkzeug, entscheidend geändert hatte, und somit ganz andere, viel vorteilhaftere Arbeitstechniken möglich wurden, ist anzunehmen, daß eine Änderung der Fälltechnik recht rasch eingetreten sein muß. Ein Metallbeil setzt nun einmal eine vollkommen andere Arbeitstechnik voraus als ein Steinbeil.

Die Effektivität von Werkzeugen

„Yo la he manejado junto con el fuego para talar árboles. Ustedes no saben lo que es

tumar o cortar un árbol. ¡Pum! ¡pum! ..., un hazacho por aquí, otro hazacho por allá, y vuestro árbol ha caído ya. Nosotros necesitábamos varios días para tumbar un solo árbol.¹⁰³

Die Vorstellung, die Holzbearbeitung mit Steinbeilen sei eine sehr mühselige Tätigkeit, hielt sich lange sehr hartnäckig. Dies gab bereits früh zu praktischen Versuchen Anlaß. Hierbei sind die Übergänge zwischen jenen Versuchen, die die Hypothese bestätigen sollten, daß eine bestimmte Gruppe von Werkzeugen zur Holzbearbeitung genutzt werden konnte, zu solchen Experimenten, die auf Effektivitätsmessungen abzielten, fließend, denn die Annahme, ein Werkzeug habe zu einer bestimmten Tätigkeit gedient, basiert natürlich auf Vorstellungen von einer notwendigen „Mindest-Effektivität“.

Neben den bereits erwähnten Experimenten zur Erprobung möglicher Holzbearbeitungswerkzeuge wurden also weitere, zu meist nicht hypothesentestende, sondern hypothesenbildende Versuche durchgeführt, die die Effektivität und das Potential von Holzbearbeitungswerkzeugen nachweisen sollten.

Vor SMITH¹⁰⁴ nahm bereits N. F. B. SEHESTED zu Beginn der achziger Jahre des letzten Jahrhunderts im kleinen Rahmen Effektivitätsmessungen vor. Er ließ für den Bau eines Hauses 26 Tannen von jeweils ca. 20 cm Durchmesser mit Flintbeilen fällen. Daß diese Arbeit in zehn Stunden möglich war, ohne daß die Schneiden der Klingen an Schärfe verloren, war für damalige Zeiten ein geradezu sensationelles Ergebnis, ging man doch von einer eher beschränkten Effektivität steinzeitlicher Werkzeuge aus.¹⁰⁵ Weitere Experimente in kleinerem Rahmen wurden danach immer wieder durchgeführt.¹⁰⁶

Umfangreichere Experimente fanden schließlich ab den fünfziger Jahren statt. Das erste Großprojekt dieser Art wurde in Draved/Dänemark zwischen 1952 und 1954 durchgeführt. Um zu überprüfen, ob der jungsteinzeitliche Mensch tatsächlich in der Lage gewesen sein könnte, große Flächen dichten Primärwaldes mit polierten Feuersteinbeilen zu roden, sollten 4046,8 m² Eichenmischwald mit steinzeitlichen Werkzeugen gefällt werden. Die Arbeit wurde von zwei Archäologen und zwei Holzfällern mit Äxten ausgeführt, die nach dem Vorbild jungsteinzeitlicher Moorfunde geschäftet waren.¹⁰⁷ Die Durchführung der Experimente wurde minutiös dokumentiert, jedoch erst dreißig Jahre später detailliert veröffentlicht.¹⁰⁸ Den eigentlichen Experimenten ging eine längere Vorversuchsphase voraus, mit dem Ziel, sich an den Umgang mit dem Steinbeil zu gewöhnen. Neben Einsichten in die Körperbewegungen beim Fällen und in den Arbeitsrhythmus konnten Erkenntnisse über optimale Schäftungs- und Fällmethoden, die Effektivität einzelner Hiebe im Verlauf eines Fällversuchs, Arbeitszeit, Verschleiß, Gebrauchsspuren und Brüche der Klingen und Bearbeitbarkeit einzelner Holzarten in verschiedenen Zuständen gewonnen werden.¹⁰⁹

Ein unerwartetes Ergebnis bestand in der Tatsache, daß die Waldarbeiter einen weit aus größeren Verschleiß an Steinbeilen hatten als die Archäologen, da sie ihre gewohnte Arbeitstechnik, die sie sich in jahrelanger Erfahrung mit dem Stahlbeil angeeignet hatten, nicht ablegen konnten, während die Archäologen schnell zu einer ideal angepaßten Technik mit kurzen, schnellen Hieben aus Ellbogen und Handgelenk fanden.¹¹⁰ Dieses Problem darf nicht zu gering eingeschätzt werden. Heute wird Experimenten häufig deshalb Skepsis ent-

gegengebracht, da wir, die wir von unserem heutigen Entwicklungsstand geprägt sind, entweder gar keine Erfahrung im Umgang mit Werkzeugen, geschweige denn mit altertümlichen Geräten, oder möglicherweise zuviel Erfahrung mit modernen Werkzeugen haben.¹¹¹ Hinzu kommt, daß von den wenigsten Klingentypen die Schäftungsform bekannt ist und die Art der Rekonstruktion der Schäftung bereits großen Einfluß auf die Führung des Werkzeuges besitzt.¹¹²

Gegen Ende der sechziger Jahre sollte auch in der Tschechoslowakei in umfangreichen Experimenten anhand von Effektivitätsmessungen die Hypothese überprüft werden, daß es sich bei einer Gruppe axtförmiger Werkzeuge um Holzbearbeitungsgeräte handle.¹¹³ Obgleich man einen Bestand von 100 Bäumen unterschiedlichen Durchmessers und unterschiedlicher Holzart mit Steinbeilen fällte, wurde keine Differenzierung bezüglich der Fällzeit vorgenommen, sondern nur eine durchschnittliche Fälldauer errechnet.¹¹⁴

Weitere Experimente zur Dauerhaftigkeit und zum Bruchverhalten ließ zu Beginn der achziger Jahre D. S. OLAUSSON mit Feuersteinbeilen vornehmen. Sie ging jedoch von konkreten Hypothesen aus, die sich auf die Länge der Beilklingen bezogen. Die erste Hypothese erklärte die Längendifferenzen durch funktionale Unterschiede, die zweite durch eine Veränderung durch dauerhafte Nutzung und häufiges Nachschleifen und die dritte durch die Abhängigkeit von der Entfernung zur Rohstoffquelle.¹¹⁵ Die ersten beiden Hypothesen sollten anhand von Experimenten und der Gebrauchsspurenanalyse überprüft werden.¹¹⁶ Den eigentlichen Experimenten gingen mehrere Vorversuche voraus, um mögliche Probleme bereits im Vorfeld zu klären und Dokumentationsmethoden zu

entwerfen.¹¹⁷ Die Klingen wurden schließlich vor Beginn und später während der Experimente detailliert dokumentiert und das Bruchverhalten präzise analysiert.

Diese Art von Experimenten ist für die Analyse der *chaîne opératoire* von beträchtlicher Bedeutung, lassen sich doch hier Mechanismen technischer „Unfälle“ (*incident ou accident technique*) exemplarisch nachvollziehen, die den regelhaften Ablauf von Handlungsketten unterbrechen. Gerade das „Verstumpfen“ von Klingenschneiden, das Ausbrechen von Scharfen oder gar das Zerschneiden von Beilen sind vermutlich allzu alltägliche Unterbrechungen des Arbeitsablaufs, mit denen der jungsteinzeitliche Mensch umzugehen hatte. Ob nun das Nachschleifen von Klingen eine vorsorgende Maßnahme zur Verhinderung von Ausbrüchen oder aber eine bis zum letzten Moment hinausgezögerte Notwendigkeit war, bleibt zwar fraglich. Daß es allerdings ein nicht direkt planbarer, jedoch selbstverständlicher Bestandteil der *chaîne opératoire* darstellte, steht indes nicht in Frage.¹¹⁸

Erst vor wenigen Jahren wurden von H. HOLSTEN und K. MARTENS umfangreiche Experimente – Fäll- und Ablängversuche – mit Flint-, Bronze- und Stahlwerkzeugen durchgeführt.¹¹⁹ Ziel war es, die „Einsatzfähigkeit, Handhabung und Effektivität der Werkzeuge in der „harten“ Realität zu beobachten“.¹²⁰ Um eine spätere Vergleichbarkeit mit anderen Daten zu gewährleisten, wurde jeweils die benötigte Zeit gemessen (inklusive und exklusive der notwendigen Pausen), die Anzahl der Hiebe gezählt, der Umfang des Baumes und das Volumen des beim Fällen entfernten Holzes dokumentiert und sowohl der Beiltyp – jeweils Klingen- und Schäftungstyp – als auch die arbeitende Person vermerkt. Die Arbeiten wurden außerdem optisch und akustisch

mitgeschnitten. Ein in der Experimentellen Archäologie eigentlich allgemein bekanntes, jedoch zumeist unberücksichtigt bleibendes Phänomen war das extreme Mißverhältnis zwischen den Versuchsergebnissen erfahrener und unerfahrener Arbeiter. In einem Fall arbeitete eine Versuchsperson mit 205 Schlägen in 7,5 min nur wenig mehr Holz ab als eine andere mit 16 Schlägen in einer halben Minute.¹²¹ Trotz dieses bekannten Phänomens fanden aber auch in jüngeren Jahren noch Fällversuche oder andere Holzbearbeitungstätigkeiten zur Messung der Effektivität von Steinbeilen in kleinerem Rahmen statt.¹²²

Diesen inzwischen „traditionellen“ Effektivitätsmessungen zur Fällzeit stehen jedoch andersartige Untersuchungen gegenüber. F. P. DICKSON führte beispielsweise Versuche durch, die unter Testbedingungen zeigen sollten, inwieweit die kinetische Energie australischer Steinbeile – und somit ihre Effektivität – abhängig sei von der Schärfe der Klinge und unabhängig von ihrer Dimension.¹²³ S. C. SARAYDAR und I. A. SHIMADA verglichen die Effektivität von Stein- und Stahlbeilen über den Kalorienbedarf. In einer ersten Versuchsreihe wurde der in einer Minute notwendige Kalorienbedarf des Fällenden über den Oxygehalt der Atemluft und die in einer festgelegten Zeit entstandene Tiefe der Fällkerbe ermittelt.¹²⁴ In einem zweiten Versuch entwickelten sie einen sogenannten Holzindex (xr^2), der die Kerbtiefe in ihren Berechnungen ersetzte: Ausgehend von der aufgewendeten Zeit, die jeweils für das Fällen einer bestimmten Menge Holz notwendig war und dem benötigten Kalorienbedarf, wurde die Effektivität der beiden Werkzeuge berechnet.¹²⁵

Unterschiede in der Leistungsfähigkeit von Stein- und Metallbeilen standen jedoch be-

reits viel früher auch im Mittelpunkt des ethnoarchäologischen Interesses.

Zu einer Zeit, als viele Europäer noch an der Effektivität von Steinbeilen zweifelten, konnte FORBES 1926 auf Borneo beobachten, daß Einheimische mit ihren Steinwerkzeugen bedeutend schneller Bäume fällen konnten als chinesische Holzfäller mit modernen amerikanischen Stahlbeilen.¹²⁶ R. F. SALISBURY machte während seiner Untersuchungen zu den gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Veränderungen aufgrund des Wechsels von Stein- zu Stahlwerkzeugen in Neuguinea hingegen die Beobachtung, daß die Arbeit mit dem Steinbeil drei- bis viermal soviel Zeit in Anspruch nahm als mit dem Stahlbeil.¹²⁷

Vor allem in den sechziger und siebziger Jahren wurden zahlreiche Experimente zum Vergleich der Effektivität von Stein- und Stahlwerkzeugen in Neuguinea durchgeführt.¹²⁸ Diese Experimente wurden bereits wiederholt miteinander verglichen,¹²⁹ deshalb sei hier nur erwähnt, daß auch bei ihnen das bereits bei den von CARNEIRO initiierten Versuchen angesprochene Problem zutage trat: Sowohl bei GODELIER und GARANGER als auch bei SILLITOE waren an den Experimenten Personen beteiligt, die noch nie mit dem Steinbeil gearbeitet hatten und nun zu diesen Arbeiten herangezogen wurden.¹³⁰

Die Experimente und Untersuchungen zur Messung der Effektivität von Werkzeugen dürfte der umfangreichste Komplex an Versuchen sein, die die Bearbeitung von Holz direkt betreffen. Diese Gruppe von Versuchen ist außerordentlich vielgestaltig. Neben der Zeit werden verschiedene andere Faktoren gemessen, so der Kalorienbedarf oder die Hiebtiefe. Bei den Zeitmessungen ist man inzwischen an einem Punkt angelangt, der sich sicherlich nicht weiter differenzieren läßt. Für einen be-

stimmten Baumumfang konnte eine durchschnittliche Fällzeit erschlossen werden, von der die verschiedenen Experimente in einem Maß abweichen, das auf materialtechnische Eigenschaften des Holzes, des Werkzeuges oder die Konstitution der Fällenden zurückgehen könnte. Mit diesen Unterschieden haben wir sowohl heute als auch in der Ur- und Frühgeschichte zu rechnen, und es stellt sich somit die Frage nach dem Sinn, diese Experimente durch die Variation einzelner Parameter ins Unermessliche zu steigern. Frappant erscheint die Tatsache, daß sich Effektivitätsmessungen meines Wissens nahezu ausschließlich auf Stein- und moderne Stahlwerkzeuge beziehen, Kupfer-, Bronze- oder Eisenwerkzeuge hingegen weitgehend ausgespart werden. Im Bereich der Ethnographie ist diese Situation nachvollziehbar, da diese Werkzeuge häufig nicht verwendet wurden. Im Bereich der Experimentellen Archäologie hingegen erscheint diese Lage bedauernswert.

Auch mögen die unzähligen Untersuchungen zum Vergleich der Effektivität von Stahl- und Steinbeilen zwar interessant sein, vor allem jedoch sind die sozialen und wirtschaftlichen Implikationen einer Veränderung von Stein- zu Metallwerkzeugen von Bedeutung, beispielsweise die effektive Zeitersparnis, die veränderte Form der Rodung und somit der Landwirtschaft usw. In der Analyse dieser Entwicklung dürfte der eigentliche Sinn der genannten Untersuchungen liegen, denn der direkte Vergleich der beiden Werkzeuge als Selbstzweck ist bedeutungslos, da einerseits im allgemeinen die Wahlmöglichkeit zwischen den beiden Werkzeugen gar nicht bestand und da andererseits die tatsächlichen Fällzeiten deshalb nicht miteinander verglichen werden können, weil zwar einerseits mit einem Stahlbeil Bäume schneller gefällt

werden können, andererseits jedoch auch Bäume gefällt werden, die mit dem Steinbeil nicht gefällt werden würden.¹³¹ Man spart demnach nicht nur Zeit, sondern verrichtet auch effektiv mehr Arbeit.

Holzbearbeitung und die Rekonstruktion von Gebäuden

Neben vereinzelten Fällversuchen im Zusammenhang mit der experimentellen Rekonstruktion von Objekten¹³² wurden zimmermannstechnische

Holzbearbeitungsexperimente bei der Rekonstruktion von Gebäuden unternommen.

Ebenso alt wie die Tradition, vorgeschichtliche Gebäude zu rekonstruieren, ist der Versuch, diese Gebäude mit zeitgenössischen Geräten und Techniken zu errichten.¹³³

SEHESTED war vermutlich der erste, der ein prähistorisches Haus mit jungsteinzeitlichen Werkzeugen nachbaute.¹³⁴ Gleichwohl das 1879 von ihm errichtete Gebäude eigentlich nicht als Rekonstruktion betrachtet werden kann, da ihm kein archäologischer Befund zugrundeliegt, wird SEHESTED von mancher Seite doch als „Vater“ der Experimentellen Archäologie bezeichnet, da er bei den Arbeiten für den Bau des Hauses ausschließlich auf Steinwerkzeuge zurückgriff und gezielt die Verwendungsmöglichkeiten unterschiedlicher neolithischer Flintgeräte, ihre Effizienz und ihren Verschleiß praktisch erprobte.¹³⁵

Die Rekonstruktion von Gebäuden im musealen Bereich geht jedoch im allgemeinen nicht mit einer experimentellen Holzbearbeitung mit zeitgenössischen Werkzeugen einher. Häufig bedient man sich zumindest teilweise moderner Werkzeuge. Dabei wird oft nicht einmal versucht, die sichtbaren Spuren dieser Werkzeuge durch eine Überar-

beitung zu tilgen; Sägeflächen treten häufig allzu deutlich zutage.¹³⁶

Gebäude, die auf weitgehend experimenteller Basis rekonstruiert wurden, sind indes selten. Neuere Versuche dazu unternahm beispielsweise das Centre de la Recherche Archéologique de la Vallée de l'Ain (CRAVA) unter der Leitung P. PÉTREQUINS. 1988 wurde das erste von zwei Pfahlbauten am Lac de Chalain im französischen Jura aufgrund von Grabungsbefunden mit dem Ziel erbaut, die *chaîne opératoire* für das Errichten eines Gebäudes von der Materialbeschaffung bis zur Konstruktion minutiös zu dokumentieren und das aufgrund der Befunde rekonstruierte Haus mit ethnoarchäologischen Modellen zu vergleichen. Neben den architektonischen sollten die technischen Probleme untersucht und Materialbedarf, Arbeitszeit sowie die ökonomischen und sozialen Implikationen des Baus abgeschätzt werden. Ziel war dabei nicht, ein präzises Modell als realitätsgetreue Nachbildung darzustellen, sondern vielmehr das Spektrum verschiedener Lösungen zu diskutieren und die Variabilität der Interpretationsmöglichkeiten eines Befundes zu verdeutlichen.¹³⁷

Einen ähnlichen Anspruch verfolgte ein Projekt, in dessen Rahmen im historisch-archäologischen Forschungszentrum von Lejre/Dänemark die Rekonstruktion eines eisenzeitlichen Langhauses durchgeführt wurde. Neben der Untersuchung des Materialverbrauchs und der Entwicklung der Bautechnik, dem Ziel der Analyse von Werkzeugen und der Holzbearbeitung, stand vor allem die Beobachtung funktioneller und sozialer Prozesse, also die Frage nach der Organisation des Hausbaus, den kollektiven und individuellen Arbeiten, der Arbeitsteilung, dem Arbeitsumfang und der Tendenz zu Variationen im Vordergrund des Experimentes.¹³⁸ Als weiteres weitgehend experimentell er-

bautes Gebäude darf das sogenannte „Hornstaad-Haus“ bezeichnet werden, das im Mai 1996 im Freilichtmuseum Unteruhldingen verwirklicht wurde. Leider hat man wichtige Details der Originalbefunde nicht ausreichend berücksichtigt.¹³⁹ Die Dokumentation der Holzbearbeitungsexperimente dürfte jedoch trotzdem von einigem wissenschaftlichen Interesse sein,¹⁴⁰ nicht zuletzt deshalb, da die Experimente von drei zum Teil mit prähistorischen Techniken seit Jahren vertrauten Mitarbeitern des Museums durchgeführt wurden, die in holzverarbeitenden Berufen ausgebildet sind.

Zwischen den weitgehend experimentell und den unter Zuhilfenahme modernster Mittel errichteten Häusern eröffnet sich das weite Feld derjenigen Rekonstruktionen, die aus verschiedenen finanziellen und zeitlichen Gründen als Kompromißlösung nur teilweise mit Repliken der Originalwerkzeuge erbaut wurden.

Der Publikationsstand hierzu ist jedoch unzureichend. Selten wird dargelegt, in welchem Maß experimentell, in welchem Maß konventionell gearbeitet wurde, und Erfahrungswerte materialbezogener oder quantitativer Art sind kaum veröffentlicht. In Anbetracht der großen Mengen europäischer Freilichtmuseen ein eher trauriges Ergebnis.¹⁴¹

Die Literatur zeigt, daß bei Rekonstruktionsexperimenten die einzelnen Arbeitsschritte selten im Mittelpunkt des Interesses stehen. Eine Analyse der *chaîne opératoire*, wie sie z.B. am Lac de Chalain ausführlich dokumentiert worden ist, erfolgt im allgemeinen nicht. Einzelne Arbeitsschritte scheinen zwar durchaus experimentell nachempfunden worden zu sein – Vermerke dazu finden sich immer wieder – die Ergebnisse werden jedoch nicht der Forschung zur Verfügung gestellt. Dies kann nur darauf zurückgeführt werden, daß die Resultate nicht re-

präsentativ erscheinen, da die Arbeiten nicht unter Testbedingungen durchgeführt wurden. Diese Art von Rekonstruktionsexperimenten dienen im allgemeinen ausschließlich der Demonstration, der Begriff „Experiment“ *sensu stricto* sollte hierfür jedoch vermieden werden.

Diese Situation ist umso bedauerlicher, als gerade die Rekonstruktion von Gebäuden zu Experimenten herausfordert, die gesamte *chaîne opératoire* nachzuvollziehen, um überhaupt einen Eindruck von den Arbeitsschritten und dem Arbeitsaufwand zu erhalten. Die häufigen Versuche, aufgrund von Basisdaten den Gesamtaufwand annähernd zu berechnen, mögen zwar interessant und aufschlußreich sein, mit den zu lösenden Problemen, den sozialen Implikationen, wird der Archäologe hingegen nicht konfrontiert. Aufwandsberechnungen werden zumeist in „Mannstunden“ angegeben, ein neutraler und sicherlich sinnvoller Begriff. Doch obgleich in der Archäologie, wie bereits diskutiert, nur die materiellen Reste ein direktes, wenngleich nur beschränktes Zeugnis über technische Vorgänge zu geben vermögen, so läßt sich, da ein enges Verhältnis zwischen dem technischen System einer Gruppe und ihrer sozio-ökonomischen Organisation besteht, doch gerade bei einem Großprojekt wie dem Bau eines Hauses zumindest die Notwendigkeit kollektiver Arbeiten, der Grad der sozialen Organisation einer Gemeinschaft und die Zeiteinteilung der Arbeit über das Jahr abschätzen.¹⁴² Konkrete Ergebnisse sind davon allerdings nicht zu erwarten.¹⁴³

Schlußbetrachtung

Die Grundlage jeder Analyse von Bearbeitungstechniken ist also zunächst ihr archäologischer Nachweis (Abb. 8, Anm.:

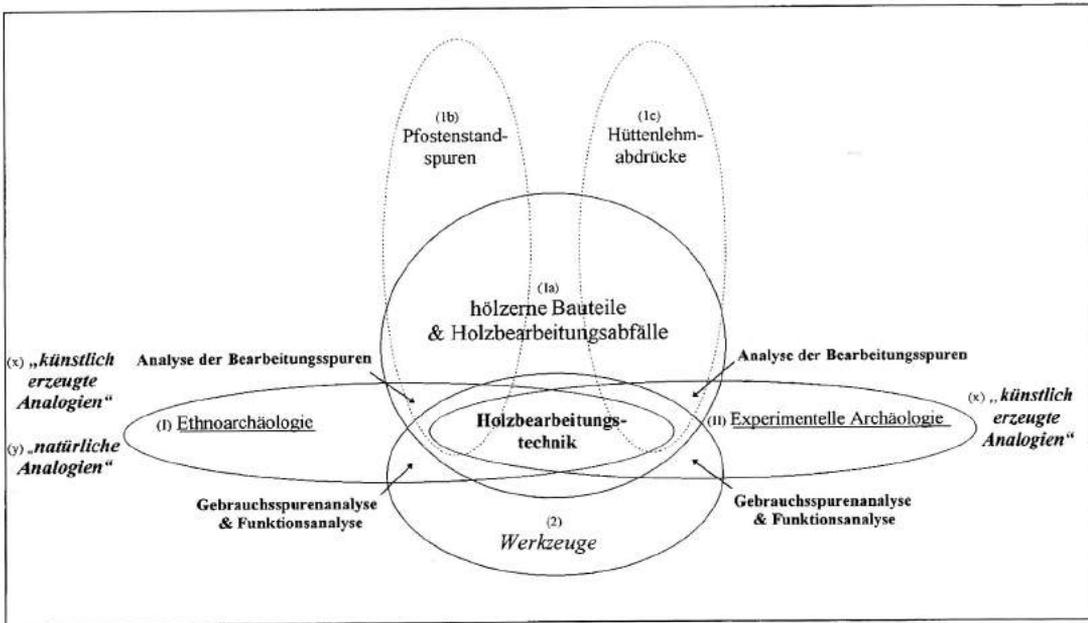
Alle nachfolgenden Verweise in Klammern beziehen sich auf die Abb. 8). Hier steht der direkte dem indirekten Nachweis (Parallelüberlieferung) gegenüber.¹⁴⁴ Als direkter Nachweis für die Bearbeitung sind erhaltene Hölzer (1a), Pfostenstandspuren (1b) und Hüttenlehmabdrücke (1c) zu betrachten, da sich von diesen Resten möglicherweise direkte Aussagen über angewandte Bearbeitungstechniken oder den Grad der Zerlegung ableiten lassen. Der indirekte Nachweis erfolgt durch das überlieferte Werkzeug (2). Der direkte archäologische Nachweis allein ermöglicht Aussagen der Art:

- (zu 1a/b/c) „Objekt V besitzt einen halbrunden Querschnitt“,
- (zu 1a/b) „Objekt W wurde gespalten.“ oder „Objekt X wurde entrindet“,
- (zu 1a) „Objekt Y wurde mit (soundsovielen) flachen Hieben aus verschiedenen Richtungen abgelängt. Die verwendete Klinge war soundso breit.“ oder auch „Das Holz wurde im Winterhalbjahr gefällt.“

Der indirekte Nachweis ermöglicht Aussagen der Art:

- (zu 2) „Das Gerät diente vermutlich der Holzbearbeitung.“ Betrachtet man Holz und Werkzeug eines Fundkomplexes im Zusammenhang, so können Aussagen der folgenden Art getroffen werden:
- (zu 1 u. 2) „Objekt Z wurde mit einem Beitel der Form X ein Loch ausgestemmt.“ Im Extremfall anhand von Maßen und besonderer individueller Merkmale: „Objekt Z wurde mit Beitel X ein Loch ausgestemmt.“

Der direkte archäologische Nachweis dokumentiert jedoch in erster Linie nur den Zustand, in dem ein Gegenstand nach einer Serie von Arbeitsvorgängen belassen wurde, und nur die nicht durch nachfolgende Arbeitsschritte vollständig überar-



senkrecht: archäologischer Nachweis
 n - direkter Nachweis, & - Parallelüberlieferung

f - Verknüpfung von archäologischem Nachweis
 und methodischem Ansatz

waagrecht: e - methodische Ansätze
 kf - Form der Analogie

Abb. 8 Wege zu einer Analyse von Holzbearbeitungstechniken.

beiteten Spuren lassen sich analysieren. Die Gesamtform dynamischer Prozesse ist demnach am Material allein nicht ablesbar.

Um differenziertere und präzisere Vorstellungen von holzbearbeitungstechnischen Prozessen zu erhalten, sind Analogien der Ethnoarchäologie¹⁴⁵ (I) und Experimentellen Archäologie (II) von erheblicher Bedeutung, die eine Interpretation spezifischer Merkmale erst erlauben. Die Experimentelle Archäologie erzeugt mit unterschiedlicher Zielsetzung – z.B. zur Überprüfung oder auch zur Formulierung¹⁴⁶ von Hypothesen, für Effektivitätsmessungen oder aus didaktischen Gründen – „künstliche“ Analogien (x), die Grundlage der Ethnoarchäologie besteht in der Beobachtung „natürlicher“ Analogien (y), sie provoziert mitunter jedoch ebenso „künstliche“ (x); in diesem Fall könnte man von einer „Experi-

mentellen Ethnoarchäologie“ sprechen, die in ihren Voraussetzungen und somit in ihren Ergebnissen jedoch nicht direkt mit der Experimentellen Archäologie vergleichbar ist, da die Ergebnisse stark von soziokulturellen Einflüssen mitgeprägt werden, die weder überschaubar, meßbar noch ausschließbar sind.¹⁴⁷ Gleichzeitig jedoch ist eine derartige Analogie keinesfalls mit den natürlichen Analogien der Ethnoarchäologie gleichzusetzen. Das Ziel der Ethnoarchäologie besteht darin, Ethnologie und Archäologie zu verknüpfen, um kulturanthropologische Erkenntnisse zu gewinnen.¹⁴⁸ Wird jedoch bereits ihre Grundlage, nämlich die gewachsene Kultur, durch Eingriffe manipuliert, die bereits gezielt eine „künstliche“ Analogie zu einem archäologischen Befund erzeugen,¹⁴⁹ so können die beobachteten Prozesse kaum mehr als Beitrag zu einer der Interpretation archäo-

logischer Befunde behilflichen „Fallsammlung“¹⁵⁰ betrachtet werden, da wir sonst der Gefahr eines Zirkelschlusses zu unterliegen drohen.

Die Ethnoarchäologie gibt einerseits Einblicke in komplexe soziale Zusammenhänge – z.B. Kulthandlungen¹⁵¹ oder Kooperationen innerhalb definierter Gruppen¹⁵² –, Zeitdimensionen, Arbeitsabläufe und -bewegungen, zum anderen produziert sie materielles Vergleichsmaterial für die Analyse ur- und frühgeschichtlicher Holzbearbeitungstechniken, z.B. für eine Analyse der Bearbeitungsspuren am Holz oder für die Gebrauchsspuren- und Funktionsanalyse der Bearbeitungswerkzeuge. Die Experimentelle Archäologie, resp. das „Experiment zur Rekonstruktion vergangener Prozesse und/oder Aktivitäten“¹⁵³ vermag hingegen gesellschaftliche Zusammenhänge zwar nur in sehr begrenztem Maße zu erhellen, sie versucht jedoch gleichermaßen Zeitdimensionen, Arbeitsabläufe und -bewegungen sowie materielles Vergleichsmaterial systematisch zu reproduzieren, Ziele, die in der Praxis im optimalen Fall miteinander verknüpft werden.

Durch die Ethnoarchäologie und die Experimentelle Archäologie werden nun zusammen mit den archäologischen Nachweisen die *Aussagemöglichkeiten* erheblich erweitert, sie müssen jedoch einer steten Quellenkritik unterzogen werden und dürfen keinesfalls unreflektiert als historische Aussagen betrachtet werden.¹⁵⁴ Solche Aussagen sind z.B.:

- (zu I/II u. 1) „Bearbeitungsmerkmale XYZ können durch Arbeitsabläufe und -bewegungen W entstanden sein“,
- (zu I/II u. 2) „Werkzeug X kann für die Tätigkeit Y verwendet werden.“ oder: „Die experimentelle Bearbeitung von Holz mit Werkzeug X hinterläßt bestimmte charakteristische Spuren auf

der Klinge, so daß Werkzeug Y, das dieselben Gebrauchsspuren trägt, mit großer Wahrscheinlichkeit gleichartig verwendet wurde“,

- (zu I/II u. 1/2) „Um einen Bereich der Größe X und mit einem Bestand Y mit Werkzeug Z zu roden, ist ein Zeitaufwand von W h/m notwendig.“

Von der Ethnographie sind außerdem gerade im Bereich des materiell nicht direkt faßbaren menschlichen Verhaltens Einsichten zu erwarten, die dem Archäologen immer wieder erneut vor Augen führen, mit welcher vielfältigen unbekanntem Einflüssen im Verlauf technischer Prozesse er letztendlich zu rechnen hat, wie komplex sich eine *chaîne opératoire* zu gestalten vermag. Zudem bietet die Ethnographie Erklärungen für Gegebenheiten, nach deren Ursache der Archäologe niemals gefragt hätte, weil sie ihm nicht signifikant erschienen oder weil er sie in einem ganz anderen Bereich gesucht hätte.¹⁵⁵

Neben den rezenten ethnographischen Analogien bieten außerdem die zahlreichen ägyptischen, assyrischen, griechischen und römischen Darstellungen von Holzbearbeitungsaktivitäten weitere wichtige Hinweise zu Werkzeugen, deren Anwendung und die Arbeitsorganisation (Abb. 9). Bildliche Darstellungen aus dem Alten Reich (2778-2263 v. Chr.) bezeugen bereits eine beträchtliche Vielfalt an Werkzeugen und Techniken und deren hohen Standard. Ebenso wie die ethnographischen und ethnoarchäologischen Beobachtungen sollten sie in den „Pool“ von Fallsammlungen zur Holzbearbeitung einbezogen werden. Unter bestimmten Umständen kommt ihnen gar eine besondere Bedeutung zu, denn in dem Moment, in dem sie die Holzbearbeitung in einer bestimmten Region zu irgendeiner Zeit darstellen, sind diese Quellen möglicherweise

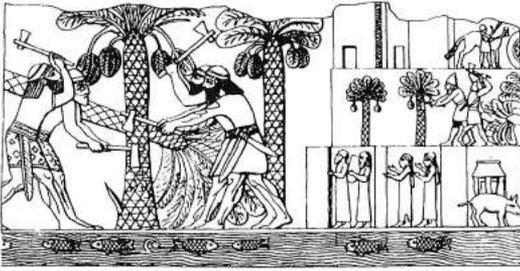


Abb. 9 Assyrische Soldaten beim Fällen von Palmen: Erkennbar ist das Werkzeug und seine Schäftungsform als auch die Arbeitsorganisation (FINSTERBUSCH, THIELE 1987, 3/4).

als direkte historische Analogie (*continuous model*) zu werten. Die größere zeitliche Nähe dieser Quellen – im Verhältnis zu modernen Quellen – zu dem fraglichen Zeitraum dürfte ihre Wertigkeit erheblich erhöhen. Da einerseits die Ansicht vertreten wird, direkte historische Analogien (*continuous model*) seien für die Interpretation spezifischer Befunde den geographisch und historisch diskontinuierlichen Analogien (*discontinuous model*) erkenntnistheoretisch überlegen,¹⁵⁶ und da andererseits die zeitliche und/oder räumliche Distanz dieser Quellen zu dem Befund sogar auf ein Minimum reduziert werden kann, sollten diese Quellen für die archäologische Analogiebildung konsequent ausgewertet werden. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, daß die Exaktheit der Darstellungen mitunter stark begrenzt ist, da die Form der künstlerischen Techniken – bei Mosaiken und Reliefs im besonderen – Vereinfachungen in der Darstellung notwendig macht.¹⁵⁷

Anmerkungen

* Vorliegender Beitrag stellt eine verkürzte und leicht veränderte sowie um wichtige neue Literatur ergänzte Fassung des forschungsgeschichtlichen Teils der von der Verf. 1996 am Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Tübingen

abgeschlossenen Magisterarbeit „Ur- und frühgeschichtliche Holzbearbeitung: Der Stand archäologischer Holzforschung und die Bauhölzer von Hornstaad-Hörnle I“ dar. Besonders bedanken möchte ich mich bei den Herren Professoren M. K. H. Eggert und H. Müller-Beck, Tübingen, und bei A. Billamboz, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Arbeitsstelle Hemmenhofen, für die vielfältige Unterstützung. Darüber hinaus schulde ich A.-M. und P. Pétrequin und ihren Mitarbeitern, Gray und Marigny, A.-L. Gentizon, Naters, D. Baudais, Genf, L. Fischer, Kiel sowie J. Lehmann und J. Weiner, Köln und Nideggen großen Dank für das Überlassen noch unpublizierter Manuskripte und Magister- resp. Diplomarbeiten.

** WEINER, LEHMANN im Druck. Dieser Aufsatz wurde der Verfasserin erst nach Beendigung dieses Beitrages bekannt und wird daher im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

*** SANDS 1997. Auch dieser Beitrag wurde der Verfasserin erst kurz vor Drucklegung bekannt und wird daher im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

1 HEAL 1982, 98.

2 SCHWEINGRUBER 1983, 395.

3 MAUSS betont bereits 1947 die Notwendigkeit, die verschiedenen Schritte vom Rohmaterial bis zum fertigen Produkt zu verfolgen (MAUSS 1947, 34).

4 MAGET sprach 1953 das erste Mal von einer „*chaîne de fabrication*“ oder „*chaîne d’opération*“ (MAGET 1953, 36; 161).

5 Zur forschungsgeschichtlichen Entwicklung dieses Konzeptes siehe u.a. DESROSIER 1991, 21. BALFET 1991, 12. SCHLANGER 1994, 144 f.

6 LEROI-GOURHAN 1988, 150 f. Das Konzept der *chaîne opératoire* ist auch ein zentraler Gegenstand der *cognitive archaeology* (vgl. VAN DER LEEUW 1994; SCHLANGER 1994; KARLIN, JULIEN 1994).

7 Gemeint sind sowohl die beteiligten Werkzeuge und Bewegungen als auch die Produkte.

8 LEROI-GOURHAN 1988, 288 ff.

9 Siehe z.B. CRESSWELL 1976, 13. Dieses Konzept wurde in der Archäologie bislang hauptsächlich für die Analyse lithischer Artefakte aufgegriffen. Ausnahmen u.a. P. PÉTREQUIN und Mitarbeiter (vgl. GENTIZON 1992; CHOULOT u.a. 1997) und KANIMBA 1994.

10 Siehe DELAPORTE 1991, 27.

11 In diesem Fall wird die Gesamtabfolge der Arbeitsgänge von der Beschaffung des Rohmaterials bis zum fertigen Produkt als *chaîne opératoire* betrachtet, wenngleich in der Literatur die Sequenzen von der Materialbeschaffung bis zur eigentlichen Herstellung eines Objektes teilweise als vorbereitende Handlungen von der eigentlichen *chaîne opératoire* abgelöst werden (vgl. WALLET 1991; KOVACS 1991). Dies wider-

- spricht nicht unbedingt der Definition der *chaîne opératoire*, da auch der stehende Baum bereits als Rohmaterial betrachtet werden kann. Dem entspricht beispielsweise auch die Gewinnung und Magerung von Ton als Teil der *chaîne opératoire* zur Herstellung von Keramik (vgl. KANIMBA 1994, 577 ff.). PERLÉS (1991, 9) sieht gerade in der Analyse der Ausbeutung des Rohmaterials einen neuen Aspekt der heuristischen Möglichkeiten des Konzepts der *chaîne opératoire*, da hierbei der von einer Gruppe genutzte Aktionsraum mit erfaßt werden kann.
- 12 Anders als bei FISCHER (1995, 31) wird hier der Transport des Holzes nicht als Teil der Holzbearbeitung an sich betrachtet, da das Holz hierbei im allgemeinen nicht oder zumindest nicht intentionell (vgl. die Transportspuren an Hölzern aus Cortailod-Est [ARNOLD 1984, 59]) verändert wird. Als eine Bearbeitung im eigentlichen Sinne können jedoch Transport- im Sinne von Zugkerben betrachtet werden, an denen Zugseile befestigt werden (z.B. Chalain 6 [PETRÉQUIN u.a. 1992, 253 ff.]). Diese Kerben sind allerdings wiederum eine Art der Zurichtung zum Zwecke des Transports. Gleichwohl ist der Transport Teil der *chaîne opératoire*, da die Herstellung von Bauteilen sicherlich nicht im Wald stattgefunden haben wird, sondern in der Siedlung, wo sie nach Bedarf zugerichtet werden konnten.
 - 13 Der Begriff wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Mit Zurichtung wird hier die spezifische Überarbeitung bezeichnet, die nach dem Ablängen und Zerlegen für die individuelle Formgebung notwendig ist, beispielsweise das Bebeilen zu einer Spitze, das Ausstemmen eines Zapfloches, die Herstellung eines Zapfens.
 - 14 Mit „Ergologie“ ist hier die Lehre der Form und Anwendung von Produkten, z.B. von Werkzeugen, gemeint (vgl. HIRSCHBER, JANATA 1986, 5).
 - 15 Zur aktuellen Diskussion über die *chaîne opératoire* siehe u.a. BALFET 1991; VIDALE, KENOYER, BHAN 1992; VAN DER LEEUW 1994; SCHLANGER 1994, KARLIN, JULIEN 1994.
 - 16 KELLER 1865, 73; KELLER 1865, 72.* Er zitiert hier „Cook bei Hawkesworth. III. 530.“
 - 17 Natürlich wird die angewandte Holzbearbeitungstechnik auch in diesem Fall indirekt nachgewiesen, ein direkter Nachweis *sensu stricto* wäre allein die Beobachtung des Bearbeitungsvorganges selbst. Trotzdem werden die Bearbeitungsspuren als direkter Nachweis betrachtet, weil sich die auf ein bestimmtes Objekt angewandte Technik ausschnittsweise direkt nachweisen läßt.
 - 18 BULLEID, GRAY 1911, 310 ff.
 - 19 MÜLLER-BECK 1965, 9.
 - 20 Ur- und frühgeschichtliches Holz gewann zu dieser Zeit jedoch nicht allein wegen der Bearbeitungsspuren an Bedeutung, sondern auch, weil
- B. HUBER zu Beginn der vierziger Jahre die Grundlagen der Dendrochronologie für die europäische Archäologie zu schaffen begann. Nachdem er 1937 mit seinen Forschungen an der Universität von Tharandt begonnen hatte, stellte er 1941 bereits seine ersten Ergebnisse zur Chronologie der Palisade der „Wasserburg“ Buchau der Öffentlichkeit vor (BECKER 1992, 60).
 - 21 HAYEN 1957, 92 ff.
 - 22 MÜLLER-BECK 1965.
 - 23 COLES, COLES 1986, 33 ff.
 - 24 RACKHAM 1977.
 - 25 ORME, COLES 1983; COLES, ORME 1985.
 - 26 JUD 1980.
 - 27 Vgl. Arbeiten zu Seeufersiedlungen, z.B. RAMSEYER 1987, 60 ff.; SUTER 1987, 70 ff.; KÖNINGER 1992, 60 ff.
 - 28 PERINI 1984, 201 ff.
 - 29 ARNOLD 1982.
 - 30 ARNOLD 1986, 88 f.
 - 31 MÜLLER-BECK 1991, 197 ff.
 - 32 FISCHER 1995, 31 ff.
 - 33 BOCQUET, HOUOT 1994.
 - 34 CHOULOT u.a. 1997.
 - 35 TAYLOR 1991.
 - 36 RAFTERY 1992, 65.
 - 37 SCHLICHTERLE 1975, 25.
 - 38 ZÜRN 1965, 59.
 - 39 KELLER 1865, 93.
 - 40 Z.B. GAERTE 1929, 258, Abb. 201; SCHOKNECHT 1964, 171 ff.; LÜNING 1981, 34 ff.; KEEFER 1988, 45, Taf. 76-84; ARNOLD 1990, 74-76.
 - 41 HOLLSTEIN 1976, 26 ff.
 - 42 Zu den verwendeten Werkzeugnamen: Der Sprachgebrauch der Begriffe „Axt“ und „Beil“ ist für ungelochte, parallelgeschärfte Steinklingen (im Gegensatz dazu: Lochaxt) durch die gesamte archäologische Literatur äußerst uneinheitlich und wird durch diffuse Entsprechungen in anderen Sprachen noch erschwert. Laut Brockhaus-Zyklus 1987 unterscheidet sich die Axt vom Beil durch eine schmalere Schneide, einen längeren Stiel und ein größeres Gewicht. Die Schärfung vorgeschichtlicher Werkzeuge ist jedoch im allgemeinen nicht erhalten geblieben, und Steinklingen wurden in der Regel im Laufe ihres Gebrauchs mehrfach nachgeschliffen, so daß die Klinge, die Größe und das Gewicht stark verringert wurde. Formale und metrische Merkmale eignen sich demnach in den meisten Fällen nicht für eine präzise Unterscheidung. Ebenso wenig eignet sich allerdings eine Differenzierung nach der genauen Funktion dieser Werkzeuge (z.B. Fällaxt oder Behaubeil), die wiederum zumeist nach der äußeren Form definiert wird. Außerdem belegen ethnographische Beobachtungen, daß beispielsweise für das Fällen von Bäumen ebensogut kleine Dechsel mit z.T. dünnem Schaft verwendet werden können. Die Funktionszuweisung nach der äußeren

- Form ist demnach gleichfalls unbefriedigend. Im folgenden soll daher nur von Beilen, die sich vom Dechsel durch eine parallel geschäftete Klinge unterscheiden, die Rede sein. Beile können zum Fällen und Überarbeiten verwendet werden (vgl. u.a. LA BAUME 1951; WINIGER 1981, 162 ff.; PETRÉQUIN, PETRÉQUIN 1993, 374; Abb. 18.; Film HELFERICH 1975, 1989). Als Dechsel werden quer geschäftete Klingen bezeichnet, die sowohl zum Fällen von Stämmen als auch zum Überarbeiten und Ausstemmen von Zapflöchern verwendet werden können, als Beitel (häufig fälschlich Meißel genannt) ungeschäftete Klingen, die durch Schläge mit einem hammerartigen Gerät zum senkrechten Abtrennen von Holzfasern verwendet werden.
- 43 EGGERS 1986, 25.
44 Siehe GOULD 1978, 255.
45 HODDER 1982, 16.
46 Diese Vermutung war natürlich bereits früher ausgesprochen worden (siehe MENGHIN 1931, 377).
47 RIETH 1949/50.
48 KLOCKE 1956.
49 QUENTE 1914.
50 Er kam zu dem Ergebnis, daß im Hackbau primitiver Völker Erdhacken mit Steinklinge vorkommen unbekannt seien. Deshalb stellte er sie auch für vor- und frühgeschichtliche Zeit in Frage (HÖLTKER 1947. Zitiert nach LA BAUME 1951, 112).
51 HÖLTKER 1947, 146 f.
52 BRENTJES 1956. Er bezieht sich auf Holzbearbeitungsversuche, die BEHRENS 1955 in Halle durchführte, und auf eigene Pflugexperimente.
53 HENNIG 1962, 270.
54 HENNIG 1961.
55 HENNIG 1962, 270.
56 HENNIG ebd.
57 HENNIG 1962, 270 ff.
58 Vermerke über eine Verwendung von Mikroskopen fehlen zumindest.
59 SEMENOV 1964.
60 KEELEY 1974; 1977; 1980.
61 Als „Striae“ werden lineare Schrammen, Rillen und Riefen bezeichnet. Sie gelten als wichtigster Hinweis für die Bestimmung der Arbeitsbewegung (PAWLIK 1992, 10).
62 VAUGHAN 1985, 10. Zu unterscheiden sind hierbei die Low-Power-Analyse für die Kantenbeschädigungen und die High-Power-Analyse für die Oberflächenmodifikationen. Diese beiden Methoden unterscheidet u.a. die Verwendung unterschiedlicher Mikroskope mit unterschiedlicher Vergrößerungsleistung (siehe PAWLIK 1995, 18 f.; 24 f.; WEINER, PAWLIK 1995, 115; 118).
63 BÖHM, PLEYER 1990.
64 Diese Spuren sind auch bereits mit dem bloßen Auge erkennbar (siehe SEMENOV 1957, 29; 151; DETEV 1960, 75; GRAMSCH 1966, 112; KANTMANN 1969/70, 140 f. ROODENBERG 1983, 180 ff.). Allerdings wurde auch die gegenteilige Ansicht geäußert, daß Beil und Dechsel anhand der Striae keinesfalls sicher zu unterscheiden seien, z.B. FIEDLER 1979, 128, Anm. 178; STECL, MALINA 1970, 52.
65 Siehe GRAMSCH 1966, 112.
66 Siehe DETEV 1960, 76; KANTMANN 1969/70, 144.
67 Gebrauchsspuren im Nackenbereich der Felsgesteinartefakte wurden bereits früher registriert, in den seltensten Fällen allerdings gezielt interpretiert (siehe z.B. HENNIG 1961, 204; 1962, 170; 1965, 688; DOHRN 1979/80, 69; DROBNIEZWIJCZ 1988). Erst die High-Power-Analyse erlaubte jedoch präzisere Aussagen (siehe WEINER, PAWLIK) 1995, 114-119.
68 MÜLLER 1888, 267; BECKER 1962, 91.
69 BECKER ebd.
70 SCHLENKER 1994, 43. UERPMMANN vermutet für die sog. Knochenmeißel von Ammerbuch-Reusten - „Stützbrunnen“, Kr. Tübingen, daß mit einem Stein als Schlaginstrument Holz bearbeitet wurde, da die Aussplitterungen am Nacken stärker seien als an der Schneide. Heute benutze man zur Schonung der Meißel hingegen ein Schlaginstrument, das nicht wesentlich härter als das bearbeitete Material sei (UERPMANN 1973/74, 141).
71 SCHLENKER 1994, 42. Vergleiche auch UERPMMANN 1973/74, 141.
72 MÜLLER-BECK 1965, Abb. 48.
73 Siehe SCHLENKER 1994, 44. SCHLENKER interpretiert außerdem modifizierte Schulterblätter von Rindern, die bislang nur aus Michelsberger Erdwerken bekannt sind, als Dechsel zur Holzbearbeitung. Seine Argumentation beschränkt sich allerdings allein auf die scharf zugeschliffenen Schneiden dieser Artefakte, die bei einer Verwendung als Hacke zur Bodenbearbeitung nicht zu erwarten wären. Eine Mikrogebrauchsspurenanalyse scheint nicht durchgeführt worden zu sein (SCHLENKER 1994, 53 f; Abb. 13a und b).
74 JENSEN 1991.
75 SMITH 1891.
76 MÜLLER 1884-1889, 371f.
77 PLEYER 1994.
78 VORLAUF 1990; DOBIAT, VORLAUF 1991.
79 Z.B. ARNOLD 1982, 117; RYCHNER-FARAGGI 1993, 37; FISCHER 1995, 48 ff.
80 FISCHER 1995, 52.
81 Z.B. FELDHAUS 1921, über Sägen; GREBER 1956, über Hobel; RICHTER 1957, über Bohrer; RIETH 1958, über Sägen; GOODMANN 1964, allgemein; FELLER, TOURRET 1980, allgemein, populär; SCHADWINKEL, HEINE 1986, allgemein, populär; FINSTERBUSCH, THIELE 1987, allgemein, populär; NOËL, BOCQUET 1987, 101-127, allgemein.
82 Die Werkzeuge sollen an dieser Stelle nicht detailliert beschrieben werden, da die einzelnen Werkzeuggruppen zu vielfältig sind. Zur Geschichte dieser Werkzeuge siehe z.B.: GOODMAN

- 1964; WINIGER 1981; FELDHAUS 1921; RIETH 1958; JONES, SIMONS 1960; FINSTERBUSCH, THIELE 1987; MCGUIRE 1896; RICHTER 1957; GREBER 1938; 1956.
- 83 Der Begriff der Perkussion wird von HIRSCHBERG und JANATA als diejenige Kraftaufwendung definiert, die ein Material mittelbar verändert (HIRSCHBERG, JANATA 1980, 42).
- 84 LEROI-GOURHAN 1971, 47 ff.
- 85 Z.B. STOTZER 1977, 229 ff.
- 86 Siehe JØRGENSEN 1985, 30.
- 87 Untersuchungen beispielsweise von MÜLLER-BECK (1965, 20 ff.) und CHOULOT u.a. (1997).
- 88 Vgl. beispielsweise das Experiment von ADAMECK, LUND, MARTENS (1990, 205) zur Herstellung eines Einbaums, bei dem von 21 Feuersteinklingen 17 beschädigt wurden, davon 11 irreparabel, mit dem von TOWNSEND (1969, 200) in Neuguinea beobachteten Versuch, bei dem kaum Klingen zerbrachen. Obgleich es sich bei beiden Experimenten um unterschiedliche Gesteinsarten handelte, kann ein solch großer Verschleiß kaum der Norm entsprechen haben und muß auf eine falsche Handhabung der Werkzeuge zurückgeführt werden.
- 89 KELLER 1865, 72.
- 90 HOERNES 1892, 247. Zweifel an der Beschreibung HOERNES' und anderer Autoren provozieren wiederum Ethnographen, erneut gezielte Beobachtungen zur Fälltechnik durchzuführen (GÖLDI 1906, 442 ff.). Demnach nutzte nicht nur der Archäologe die Anregungen der Ethnographie, sondern ließ sich umgekehrt auch der Ethnograph von den Interessen der Archäologie lenken. Der Begriff „Ethnoarchäologie“ wäre in diesem Fall bereits im engeren Sinne anwendbar.
- 91 MONTELIUS 1906, 32 f.
- 92 PFEIFFER 1912, 236.
- 93 Z.B. GÖLDI 1906, 443; BARANDIARAN 1967, 25; SHAW 1969; CARNEIRO 1974, 114; HIRSCHBERG, JANATA 1980, 105 f.; STEENSBERG 1980, 62 ff.; STEWART 1984, 36 ff. MONTELIUS erwähnt das Verkohlen zur Aushöhlung von Stämmen bei nordamerikanischen Indianern (MONTELIUS 1906, 33). Die Verwendung von Feuer zum Fällen und Aushöhlen von Holz ist für große Bäume ein lange bekanntes Phänomen. Es ist weitaus weniger aufwendig und vor allem energiesparender als das Fällen mit dem Beil. In Finnland und Schweden war diese Fälltechnik bis in die jüngste Zeit verbreitet (siehe NIETSCH 1939, 70 f.; STEENSBERG 1980, 63 f.). Den Nachweis, daß diese Technik in Europa auch bereits im Mesolithikum bekannt war, stellt eine Mooreiche von Klausdorf/Schleswig-Holstein dar, die charakteristische Spuren von Beilhieben und Feuerwirkung aufweist (SCHWABEDISSEN, SCHMIDT 1983, Anm. 2).
- 94 KOCH-GRÜNBERG 1909/10-2, 202; LE ROUX 1948, 449; BALDUS 1970, 178; CARNEIRO 1974, 114 f.; STEENSBERG 1955, 70 ff.; 1980, 60. Diese Technik ist im Regenwald besonders effektiv, da Baumkronen oft durch Gewächse miteinander verbunden sind (CARNEIRO 1974, 115).
- 95 Das Rohmaterial für diese Werkzeuge wurden jeweils vor Ort aufgesammelt, zu einfachen Choppern zugerichtet und nach dem Gebrauch zurückgelassen. In Gegenden, in denen das verwendete Gesteinsmaterial seltener vorkommt, wurden die Werkzeuge häufig wiederverwendet und nachretuschiert, so daß ein charakteristischer Faustkeil entstand. Die Universität von Adelaide unternahm verschiedentliche Expeditionen, in deren Verlauf die Arbeit mit diesen primitiven Werkzeugen beobachtet und gefilmt werden konnte (TINDALE 1941).
- 96 MOUNTFORD 1941. Die Technik, aus noch stehenden Bäumen Bretter herauszuspalten, ist indes kein einzelnes Phänomen. Die Indianer der Nordwestküste Nordamerikas spalten mitunter Bretter mit geringem Arbeitsaufwand aus massiven stehenden Zedern (STEWART 1984, 42).
- 97 LOVE 1942, zitiert nach MITCHELL 1959, 193.
- 98 A.-M. und P. PÉTREQUIN z.B. setzen den Film sowohl bei ihren ethnoarchäologischen Forschungen als auch zur Dokumentation von Experimenten ein. Vgl. z.B. Filmliste in: PÉTREQUIN, PÉTREQUIN 1993, 405. Jüngst erschien auch ein Film über ein Experiment zum Fällen eines Baumes durch ein Steinbeil mit einer Klinge aus Pelit-Quarz („Aphanit“). Ebenso HOLSTEN, MARTENS 1991, 232.
- 99 STEENSBERG 1980, 26 ff. Er vergleicht sehr gezielt seine Beobachtungen mit denjenigen europäischer Experimente (z.B. mit den Experimenten von Draved Wood), den von MÜLLER-BECK (1965) analysierten Bearbeitungsbefunden an den Hölzern von Burgäschisee-Süd und anderen ethnoarchäologischen Untersuchungen. Auch STEENSBERG unterstützte seine Beobachtungen von Arbeitsvorgängen mit einer filmischen Dokumentation.
- 100 PÉTREQUIN, PÉTREQUIN 1993, 35 ff.
- 101 CARNEIRO 1974, 109; 1979, 22.
- 102 CARNEIRO 1979, 23.
- 103 „Ich habe es [das Steinbeil] [noch] zusammen mit dem Feuer zum Fällen von Bäumen verwendet. Ihr wißt nicht, was es bedeutet, einen Baum zu fällen oder zu schneiden. Pum! Pum! Ein Hieb hier, ein Hieb da, und schon ist euer Baum gefällt. Wir brauchten [früher] mehrere Tage, um einen einzigen Baum zu fällen.“ Aus einem Gespräch zwischen einem alten Indianer der Sanema-Yanomami und jüngeren Männern seines Stammes, die selbst nicht mehr mit dem Steinbeil gearbeitet haben (BARANDIARAN 1967, 25).
- 104 s. o.
- 105 MONTELIUS 1906, 32.

- 106 Siehe beispielsweise die Experimente von VICOMTE LEPIC (EVANS 1897, 69), VON IHRING (PFEIFFER 1912, 236), JACOB-FRIESEN (NIETSCH 1939, 70; POTRATZ 1941, 230; JACOB-FRIESEN 1959, 84).
- 107 IVERSEN 1956, 37.
- 108 JØRGENSEN 1985.
- 109 JØRGENSEN 1985, 25 ff.
- 110 IVERSEN 1956, 38.
- 111 Dieses Problem ist dasselbe, das CARNEIRO bei seinem Experiment zu unterstellen ist.
- 112 Siehe MÜLLER-BECK 1965, 132.
- 113 Der Versuch, die Funktionsdeterminierung anhand der Mikrogebrauchsspurenanalyse vorzunehmen, scheiterte an der Fragmentierung und der intensiven Patina der Werkzeuge (STECL, MALINA 1970, 51).
- 114 STECL, MALINA 1970, 50 ff. HARDING und YOUNG erwähnen außerdem russische Experimente, deren Zielsetzungen und Ergebnisse jedoch nicht weiter ausgeführt werden. Sie beziehen sich dabei vermutlich auf die Experimente SEMENOVs (HARDING, YOUNG 1979, 102. SEMENOV 1968, 88 ff.)
- 115 Danach seien Klingen kleiner, je weiter die Rohmaterialquellen entfernt lägen, da das Rohmaterial besser ausgenutzt werden würde.
- 116 OLAUSSON 1982, 2 f.
- 117 OLAUSSON 1982, 43.
- 118 Das Nachschleifen natürlicher Abnutzung ist natürlich vorauszusehen und planbar, nicht jedoch das Nachschleifen aufgrund von Aussplitterungen und Brüchen, die durch unvorsichtige Handhabung von Werkzeugen oder durch Materialfehler entstehen können. Kommentare zum Nachschleifen von Steinwerkzeugen finden sich z.B. bei CARNEIRO 1979, 41; STEENSBERG 1980, 6; 37; 44; HODDER 1982, 80.
- 119 Die Experimente wurden im Rahmen der Rekonstruktion des jungbronzezeitlichen Langhauses von Hitzacker durchgeführt und umfassen 67 dokumentierte Einzelexperimente (HOLSTEN, MARTENS 1991, 231).
- 120 HOLSTEN, MARTENS 1991, 232.
- 121 HOLSTEN, MARTENS 1991, 233.
- 122 Weitere Experimente dieser Art, z.B. HARDING, YOUNG 1979, 103; MEIER 1990, 278; PLEYER 1991, 227 ff.
- 123 DICKSON 1981, 123.
- 124 SARAYDAR, SHIMADA 1971.
- 125 SARAYDAR, SHIMADA 1973, 346 ff.
- 126 STEENSBERG 1980, 25. Zu einem ähnlichen Ergebnis führte auch ein Wettkampf nordamerikanischer Indianer, der die Effektivität von Stein- und den neuen Stahlwerkzeugen beim Fällen von Bäumen testen sollte. In beiden durchgeführten Wettkämpfen gewann der Mann mit dem Steinbeil (LEECHMANN 1950, 49). Allerdings wird nicht erwähnt, ob es sich bei den Männern, die mit dem Stahlbeil arbeiteten, um Indianer handelte, die bislang allein den Umgang mit dem Steinbeil gewohnt waren und denen somit die Handhabung des Stahlbeils fremd war oder um eine mit diesem Werkzeug vertraute Person.
- 127 SALISBURY 1962, 221 f.
- 128 Beispielsweise TOWNSEND 1969; GODELIER, GARANGER 1973; SILLITOE 1979; STEENSBERG 1980, 34.
- 129 STEENSBERG 1980, 37 ff.; PÉTREQUIN, PÉTREQUIN 1993, 60.
- 130 Siehe die extreme Variabilität bei den Versuchen von HOLSTEN und MARTENS (1991).
- 131 GODELIER und GARANGER konnten beispielsweise beobachten, daß besonders harte Hölzer mit dem Steinbeil gar nicht oder nur unter Zuhilfenahme anderer Techniken (Ringeln und Feuersetzung) gefällt wurden. Mit dem Stahlbeil hingegen wurden alle Bäume auf der zur Rodung vorgesehenen Fläche gefällt (GODELIER, GARANGER 1973, 210).
- 132 Z.B.: PAULSEN 1990; VEIL 1990.
- 133 Zur Geschichte archäologischer Freilichtmuseen siehe AHRENS 1990.
- 134 SEHESTED 1884, 3 ff.
- 135 AHRENS 1990, 13.
- 136 Vgl. z.B. mit den Rekonstruktion von Holtzheim (SAINTY, SCHNITZLER 1985, Abb. 9 ff.), der Altburg bei Bundenbach (AHRENS 1990, 164), der Landesgartenschau Straubing 1989 (BÖHM, WENY 1990, 25 und Abb. 4), Hülsen (NOWATZYK, BARTSCH 1991, 170) und des Prehistoric Fenland Center (PRYOR 1991, Abb. 38).
- 137 GENTIZON 1992, 7. Allerdings wurde selbst bei der Rekonstruktion der Gebäude von Chalain nicht ganz auf moderne Werkzeuge verzichtet, wie Abbildungen nachweisen (z.B. GENTIZON, MONNIER 1997, Abb. 6c).
- 138 DRAIBY 1991, 118.
- 139 Beispielsweise entspricht die Firsthöhe nicht der anhand der Ständerlängen nachgewiesenen Höhe, sondern ist bedeutend höher. Auch wurden die Pfahlschuhe, ein Charakteristikum der Hornstaad-Häuser, nicht konsequent verbaut, mit dem Argument, daß der Baugrund in Unteruhdingen sich von dem auf der Hornspitze der Halbinsel Höri unterscheidet und Pfahlschuhe bautechnisch gesehen nicht notwendig seien. Vgl. SCHÖBEL 1996/97, 86.
- 140 Neben einer schriftlichen Dokumentation wurden alle Arbeitsschritte ausschnitthaft vom Kamerateam der „Sendung mit der Maus“ filmisch festgehalten (PFAHLBAUMAUS 1997. Sendung mit der Maus 1997 by Flash/WDR, Filmproduktion Köln 1996, 31 min.).
- 141 Ahrens zählt alleine 74 Freilichtmuseen (ohne römische Freilichtmuseen), die inzwischen allerdings bereits weiter ergänzt werden müssen. AHRENS 1990. Hinzu kommen z.B. das Museum von Marigny am Lac de Chalain (erste Rekonstruktion 1988), von Neuchâtel am Neuenburger See (Rekonstruktionen seit 1995) und in Bad

- Buchau (erste Rekonstruktion 1995).
- 142 Vgl. GENTIZON 1992, 82 ff.
- 143 Vgl. GORDON 1993, 80 f.
- 144 Vgl. ANDRASCHKO 1995, 24.
- 145 „Ethnoarchäologie“ wird hier im erweiterten Sinne verstanden und umfaßt somit nicht allein die gezielte Suche und Untersuchung ethnographischer Parallelen durch den Archäologen vor Ort, sondern auch die Übernahme und Analyse bereits existierender ethnographischer Betrachtungen durch den Archäologen.
- 146 Zum Beispiel werden mitunter in Experimenten die Hypothesen erst formuliert (vgl. die Vorversuche von KELLER 1966, 501). KELLER unternahm gezielt Experimente, die sich mit dem Problem von Beschädigungen an Obsidianklingen befaßten. Während einer Reihe von Vorversuchen konnten vier Faktoren herausgefiltert werden, die für Klingenschäden verantwortlich zu sein schienen: das Material des Artefakts, der Querschnitt der Klinge, die Art der Handhabung und das Material, auf dem das Werkzeug angewendet wurde. Die Vorversuche dienten also der Hypothesenbildung für das eigentliche Experiment, in dessen Verlauf jedoch nur die Art der Handhabung variiert wurde, während sowohl das Material des Werkzeugs als auch die bearbeitete Holzart konstant gehalten wurde. Der Querschnitt der Klingenschneide wurde zwar registriert, ihr Einfluß jedoch nicht analysiert. RICHTER bezeichnet die Hypothesenbildung als eigenen Zweig der Experimentellen Archäologie (RICHTER 1991, 31). Im Grunde gehören alle Arten von Effektivitätsmessungen zu den hypothesenbildenden Experimenten.
- 147 Vgl. TRINGHAM 1978, 171. Damit soll nicht gesagt werden, daß die unter dem Deckmantel der Experimentellen Archäologie durchgeführten „Experimente“ jederzeit gleichartige Einflüsse ausschließen, denn auch ein Experimentator ist ein Kind seiner Zeit.
- 148 WOTZKA 1993, 252.
- 149 Vgl. TRINGHAM 1978, 171.
- 150 EGGERT 1993, 149.
- 151 In Mende (Westafrika, Sierra Leone) z.B. wurde dokumentiert, daß nach der Herstellung eines Einbaumes sowohl auf den Baumstumpf des für den Bau des Bootes gefällten Baumes als auch auf den Bug des vor Ort bearbeiteten Bootes eine Flüssigkeit gegossen wurde und die Arbeiter danach Palmwein tranken. Diese Handlung darf vermutlich als eine Art Kulthandlung betrachtet werden (CREUTZBERG, GERBRANDS, 1953-55/1959). Siehe auch Begleitpublikation der *Encyclopaedia Cinematographica* (Hrsg. G. WOLF 1972/ 7).
- 152 In Mikronesien (Gilbert-Inseln, Tabiteuea) sind bei den Arbeiten am Bau eines Familienhauses nur enge Verwandte beteiligt, es gibt weder eine weiterreichende Gemeinschaftsarbeit noch für die Allgemeinheit arbeitende Spezialisten (KOCH 1963/1967). Siehe auch Begleitpublikation der *Encyclopaedia Cinematographica* (Hrsg. G. WOLF 1968, 11 f.).
- 153 Begriffsdefinition nach RICHTER 1991, 24 f.
- 154 Eine Diskussion der Aussagemöglichkeiten dieser Art archäologischer Experimente findet sich z.B. bei RICHTER 1991, 39 ff. und INGERSOLL, MACDONALD 1977, xiv. Prägnant ausgedrückt bedeutet dies: „The success of the experimenter in achieving B does not imply that B was achieved in the past necessarily in the same way as did the experimenter“ (ASCHER 1961, 810). Hypothesen können also zwar falsifiziert, niemals jedoch eindeutig verifiziert werden (vgl. LÜNING 1991, 17).
- 155 VOSSEN z.B. betont ausdrücklich die Notwendigkeit ethnoarchäologischer Analogiebildung angesichts unseres eigenen ethnozentristischen Denkens: „Wir sehen nur das bewußt, was wir zu sehen gelernt haben“ (VOSSEN 1992, 7 f.). So scheint z.B. die Schaftlänge der Steinbeile und Dechsel von Irian-Jaya/Neuguinea nicht, wie zu erwarten gewesen wäre, von holzbearbeitungstechnischen Ursachen abzuhängen, sondern davon, daß der Schaft das Gewicht des Beilkopfes in seiner Lage über der Schulter auszubalancieren hat, damit beide Hände frei sind, um sich einen Weg durch den Wald oder das Gebüsch zu bahnen (PÉTREQUIN, PÉTREQUIN 1993, 39).
- 156 Z.B. GOULD 1974, 39; STILES 1977, 95.
- 157 Vgl. SCHNEIDER 1992, 33.

Literatur

- ADAMECK, M., LUND, M., MARTENS, K. 1991: Der Bau eines Einbaums. Zur Gebrauchsfähigkeit von geschliffenen Feuersteinbeilen. In: Fansa (Hrsg.) 1991, 201-207.
- AHRENS, C. 1990: Wiederaufgebaute Vorzeit. Archäologische Freilichtmuseen in Europa. Neumünster 1990.
- ANDRASCHKO, F.M. 1995: Studien zur funktionalen Deutung archäologischer Siedlungsbeefunde in Rekonstruktion und Experiment. *Hamburger Beiträge zur Archäologie/Werkstattreihe* Bd. 1. Duderstadt 1995.
- ARNOLD, B. 1982: The architectural woodwork of the late Bronze Age village Auvernier-Nord. In: McGrail (Hrsg.) 1982, 111-128.
- ARNOLD, B. 1984: A propos de Cortaillod-Est (Bronze final). Les pilotis – une source d'information trop souvent méconnue. *Archeologie der Schweiz* 7, 1984, 54-62.

- ARNOLD, B. 1986: Cortaillod-Est, un village du Bronze final 1. Fouille subaquatique et photographie aérienne. Archéologie neuchâteloise 1. Saint-Blaise 1986.
- ARNOLD, B. 1990: Cortaillod-Est et les villages du lac de Neuchâtel au Bronze final. Structure de l'habitat et proto-urbanisme. Archéologie neuchâteloise 6. Saint Blaise 1990.
- ASCHER, R. 1961: Experimental Archeology. *American Anthropologist* 63, 1961, 793-816.
- BALDUS, H. 1970: Tapirapé. Tribo tupí no Brasil Central. São Paulo 1970.
- BALFET, H. (Hrsg.) 1991: Observer l'action technique. Des chaînes opératoire, pour quoi faire? Paris 1991.
- BALFET, H. 1991: Incident et maîtrise technique dans les chaînes opératoires. In: Balfet (Hrsg.) 1991, 179-187.
- BARANDIARAN, D.D. 1967: Agricultura y recolección entre los Sanema-Yanoama, o el hache de piedra y la psicología paleolítica de los mismos. *Antropología* 19, 1967, 24-50.
- BECKER, C.J. 1962: A Danish hoard containing neolithic chisels. *Acta Archaeologica* (Kopenhagen) 33, 1962, 79-92.
- BECKER, B. 1992: The History of Dendrochronology and Radiocarbon Calibration. In: R. E. Taylor, A. Long, R. S. Kra (Hrsg.), *Radiocarbon After Four Decades. An Interdisciplinary Perspective*. New York 1992, 35-49.
- BOCQUET, A., HOUOT, A. 1994: Charavines il y a 5000 ans. La vie quotidienne dans un village néolithique au bord d'un lac des Alpes. *Les Dossiers d'Archéologie* 1994.
- BÖHM, K., PLEYER, R. 1990: Geschliffene Geräte aus Felsgestein des älteren und mittleren Neolithikums aus Altbayern: Herstellung, Schäftung, praktische Anwendung. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1990, 257-262.
- BÖHM, K., WENY, H. 1990: Rekonstruktion eines linienbandkeramischen Bauernhauses für die Landesgartenschau Straubing 1989. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1990, 22-30.
- BRENTJES, B. 1956: Der Schuhleistenkeil – Pflugschar oder Holzbearbeitungsgerät? *Germania* 34, 1956, 144-147.
- BULLEID, A., GRAY, H. ST.G. 1911: The Glastonbury lake village. A full discription of the excavations and the relics discoveres 1892-1907. o.O. 1911.
- CARNEIRO, R.L. 1974: On the use of stone axe by the Amahuaca Indians of eastern Peru. *Ethnologische Zeitschrift Zürich* 1, 1974, 107-122.
- CARNEIRO, R.L. 1979: Tree felling with the stone axe: An experiment carried out among the Yanomamö Indians of southern Venezuela. In: C. Kramer (Hrsg.), *Ethnoarchaeology: Implications of Ethnography for Archaeology*. New York 1979, 21-58.
- CHOULOT, S., ERNST, T., JOLY, F., MARECHAL, D., MONNIER, J.-L., PÉTREQUIN, P., WELLER, O. 1997: L'abattage et le façonnage des bois d'oeuvre. In: Pétrequin (Hrsg.) 1997, 187-210.
- COLES B., COLES J. 1986: Sweet Track to Glastonbury. *The Somerset Levels in Prehistory*. London 1986.
- COLES, J.M., ORME, B.J. 1985: Prehistoric woodworking from the Somerset Levels: 3. Roundwood. *Somerset Levels Papers* 11, 1985, 25-50.
- CRESSWELL, R. 1976: Techniques et cultures, les bases d'un programme de travail. *Techniques et Culture* 1, 1976, 7-59.
- CREUTZBERG, P., GERBRANDS, A.A. 1953-55/1959: Mende (Westafrika, Sierra Leone) – Herstellung und Inbetriebnahme eines Einbaums. Film E 229 des IWF. Göttingen (16 min.).
- DELAPORTE, Y. 1991: Le concept de variante dans l'analyse des chaînes opératoires. In: Balfet (Hrsg.) 1991, 27-30.
- DESROSIER, S. 1991: Sur le concept de chaîne opératoire. In: Balfet (Hrsg.) 1991, 21-25.
- DETEV, P. 1960: Essai de distinction entre les haches et les ciseau, les herminettes, les houes et les socs de l'époque néolithique. *Godišnik na Narodnija Arheologičeski Musej, Plovdiv* 4, 1960, 61-77.
- DICKSON, F.P. 1981: Australian stone hatchets. A study in design and dynamics. Sydney 1981.
- DOBIAT, C., VORLAUF, D. 1991: Ein weiterer Versuch mit einem bronzenen, zweischneidigen „Rasiermesser“ der älteren Urnenfelderzeit. Verarbeitung von Rehwild. In: Fansa (Hrsg.) 1991, 317-322.
- DOHRN, M. 1979, 1980: Überlegungen zur Verwendung bandkeramischer Dechsel aufgrund der Gebrauchsspuren. *Fundberichte Hessen* 19/20, 1979/1980, 69-78.
- DRAIBY, B. 1991: Studier i jernalderens husbygning. Rekonstruktion af et langhus fra aeldere romersk jernalder. *Eksperimentel*

- Arkaeologi. Studier i teknologi og kultur 1, 1991, 103-133.
- DROBNIWICZ, B. 1988: Use-wear analysis of shoe-last implements and axes from early Neolithic (LPC) Cracow. In: Nowa Huta settlement in west Little Poland. In: S. Beyries (Hrsg.), *Industries Lithiques. Tracéologie et Technologie*. Vol. 1: Aspects archéologiques. BAR International Series 411. Oxford 1988, 33-46.
- EGGERS, H. J. 1986: Einführung in die Vorgeschichte. München ³1986.
- EGGERT, M. K. H. 1993: Vergangenheit in der Gegenwart? Überlegungen zum interpretatorischen Potential der Ethnoarchäologie. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 144-150.
- EVANS, J. 1897: Ancient stone implements, weapons and Ornaments of Great Britain. London ²1897.
- FANSA, M. (Hrsg.) 1990: Experimentelle Archäologie in Deutschland. *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland*, Beiheft 4. Oldenburg 1990.
- FANSA, M. (Hrsg.) 1991: Experimentelle Archäologie. Bilanz 1991. *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland*, Beiheft 6. Oldenburg 1991.
- FANSA, M. (Hrsg.) 1995: Experimentelle Archäologie. Bilanz 1994. Symposium Duisburg 1993. *Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland*, Beiheft 8. Oldenburg 1995.
- FELDHAUS, F. M. 1921: Die Säge – Ein Rückblick auf vier Jahrtausende. Berlin 1921.
- FELLER, P., TOURRET, F. 1980: Werkzeug aus alter Zeit. Stuttgart 1980.
- FIEDLER, L. 1979: Formen und Techniken neolithischer Steingeräte aus dem Rheinland. Beiträge zur Urgeschichte des Rheinlandes III. *Rheinische Ausgrabungen* 19. Bonn 1979, 53-190.
- FINSTERBUSCH, E., THIELE, W. 1987: Vom Steinbeil zum Sägegatter. Ein Streifzug durch die Geschichte der Holzbearbeitung. Leipzig 1987.
- FISCHER, L. 1995: Urnenfelderzeitliche Holzfunde von der Roseninsel im Starnberger See (Oberbayern). Magisterarbeit Universität Kiel.
- GAERTE, W. 1929: Urgeschichte Ostpreußens. Königsberg 1929.
- GENTIZON, A.-L. 1992: La réconstitution de maisons du Néolithique Moyen au bord du lac de Chalain (Jura, France). Les conséquences architecturales de l'exploration du milieu et de l'organisation sociale sur un habitat d'ambiance humide ou amphibie. Mémoire de Diplôme en Archéologie Préhistorique, Département d'Anthropologie et d'Ecologie de l'Université de Genève.
- GENTIZON, A.-L., MONNIER, J.-L. 1997: Expérimentation en architecture: La reconstitution d'une maison sur pilotis du néolithique moyen. In: PÉTREQUIN (Hrsg.) 1997, 143-169.
- GODELIER, M., GARANGER, J. 1973: Outils de pierre, outils d'acier chez les Baruya de Nouvelle Guinée. Quelques données ethnographique et quantitatives. *L'Homme. Revue Française Anthropologique*, 1973, 187-220.
- GÖLDI, E. v. 1906: Über den Gebrauch der Steinaxt bei jetzt lebenden Indianern Südamerikas, Speziell Amazoniens. In: *Proceedings of the 14th International Congress of Americanists*, Stuttgart 1904, Vol. 2 (1906), 441-444.
- GOODMAN, W. L. 1964: The history of woodworking tools. London 1964.
- GORDON, R. B. 1993: The Interpretation of Artifacts in the History of Technology. In: S. Lubar, W. D. Kingery (Hrsg.), *History from Things. Essays on Material Culture*. Washington, London 1993, 74-93.
- GOULD, R. A. 1974: Some current problems in ethnoarchaeology. In: C. Donnan, W. Clewlow (Hrsg.), *Ethnoarchaeology*. Univ. of California, Los Angeles, Inst. of Arch. Monograph 4. Los Angeles 1974, 29-42.
- GOULD, R. A. (Hrsg.) 1978: *Explorations in Ethnoarchaeology*. Albuquerque 1978.
- GOULD, R. A. 1978: Beyond Analogy in Ethnoarchaeology. In: Gould (Hrsg.) 1978, 249-293.
- GRAMSCH, B. 1966: Abnutzungsspuren an mesolithischen Kern- und Scheibenbeilen. *Ausgrabungen und Funde* 11, 1966, 109-114.
- GREBER, J. M. 1938: Vom Steinschaber zum Putzhobel. *Fachblatt für Holzarbeiten* 33, 1938, 9-10.
- GREBER, J.M. 1956: Die Geschichte des Hobels von der Steinzeit bis zum Entstehen der Holzwerkzeugfabriken im frühen 19. Jahrhundert. Zürich 1956.

- HARDING, A., YOUNG, R. 1979: Reconstruction of the hafting methods and function of stone implements. In: McK. Clough, Cummings (Hrsg.) 1979, 102-105.
- HAYEN, H. 1957: Zur Bautechnik und Typologie der vorgeschichtlichen, frühgeschichtlichen und mittelalterlichen hölzernen Moorwege und Moorstraßen. Beiträge zur Erforschung der Moorwege und Moorstraßen Nr. 1. Oldenburger Jahrbuch 56/2, 1957, 83-170.
- HEAL, S. V. E. 1982: The wood age? The significance of wood usage in pre-Iron Age north-western Europe. In: McGrail (Hrsg.) 1982, 95-109.
- HELFERICH, K. 1975/1989: Working with the stone adze at Talmin. Film D 1437 des IWF. Göttingen (2,5 min.).
- HENNIG, E. 1961: Untersuchungen über den Verwendungszweck urgeschichtlicher Schuhteilenkeile. Alt-Thüringen 5, 1961, 189-222.
- HENNIG, E. 1962: Neue Untersuchungen über den Verwendungszweck der neolithischen Flachhacken. Forschung und Fortschritte 36, 1962, 269-272.
- HENNIG, E. 1965: Bericht über die praktischen Versuche zur funktionellen Deutung der neolithischen Steingeräte. Archeologické Rozhledy 17, 1965, 682-703.
- HIRSCHBERG, W., JANATA, A. 3 1986: Technologie und Ergologie in der Völkerkunde Bd. 1. Berlin 1986.
- HODDER, I. 1982: The present past. An introduction to anthropology for archaeologists. London 1982.
- HÖLTKER, G. 1947: Steinerne Ackerbaugeräte, ein Problem der Vor- und Frühgeschichte in völkerkundlicher Beleuchtung. Internationales Archiv Ethnographie 45, 77-156. Leiden 1947.
- HOERNES, M. 1892: Urgeschichte des Menschen nach dem heutigen Stand der Wissenschaft. Wien-Pest-Leipzig 1892.
- HOLLSTEIN, E. 1976: Beobachtungen zur latènezeitlichen Holzbauweise auf der Altburg bei Bundenbach, Kreis Birkenfeld. Trierer Zeitschrift 39, 1976, 23-29.
- HOLSTEN, H., MARTENS, K. 1991: Die Axt im Walde. Versuche zur Holzbearbeitung mit Flint-, Bronze- und Stahlwerkzeugen. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1991, 231-243.
- INGERSOLL, D., MACDONALD, W. 1977: Introduction. In: D. Ingersoll, J. E. Yellen, W. Macdonald (Hrsg.), Experimental Archeology. New York 1977, xi-xviii.
- IVERSEN, J. 1956: Forest clearance in the stone age. Scientific American, March 1956, 36-41.
- JACOB-FRIESEN, K. H. 1959: Einführung in Niedersachsens Urgeschichte, Bd. 1. Steinzeit. Veröffentlichungen der urgeschichtlichen Sammlung des Landesmuseums Hannover 15. Hildesheim 1959.
- JANKUHN, H., JANSSEN, W., SCHMIDT-WIEGAND, R., TIEFENBACH, H. (Hrsg.) 1983: Das Handwerk in vor- und frühgeschichtlicher Zeit, Teil II: Archäologische und philologische Beiträge. Kolloquien 1977-1980. Göttingen 1983.
- JENSEN, G. 1991: Unusable axes? An experiment with antler axes of the Kongemosa and Ertebølle cultures. Experimental Archaeology 1, 1991, 9-21.
- JONES, P. A., SIMONS, E. N. 1960: The story of the saw. Sheffield 1960.
- JØRGENSEN, S. 1985: Tree-felling with original neolithic flint axes in Draved Wood. Nat. Museum of Denmark. Kopenhagen 1985.
- JUD, R. 1980: Pfähle und Holzbearbeitung. In: A. Furger: Die Siedlungsreste der Horgener Kultur. Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann 7. Bern 1980, 103-124.
- KANIMBA MISAGO 1994: La poterie et les potières Batwa de Tongo, au Nord-Kivu, Zaïre. Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 35, 1994, 573-592.
- KANTMAN, S. 1969/70: A microanalytik study of some ground stone artefacts from Tilmen Höyük and Gedikli-Karahöyük (South-eastern Anatolia) – Contributions to functional typology. Anatolica III, 1969/70, 139-145.
- KARLIN, C., JULIEN, M. 1994: Prehistoric technology: a cognitive science? In: Renfrew, Zubrow (Hrsg.) 1994, 152-164.
- KEEFER, E. 1988: Hochdorf II. Eine jungsteinzeitliche Siedlung der Schussenrieder Kultur. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte Baden-Württemberg 27. Stuttgart 1988.
- KEELEY, L. H. 1974: Technique and methodology in microwear studies: a critical review. World Archaeology 5, 1974, 323-336.
- KEELEY, L. H. 1977: The function of Palaeolithic stone tools. Scientific American 237, 1977, 108-126.
- KEELEY, L. H. 1980: Experimental Determination

- of Stone Tool Uses. Chicago 1980.
- KELLER, C. M. 1966: The development of edge damage patterns on stone tools. *Man* 1(4), 1966, 501-512.
- KELLER, F. 1865: Die keltischen Pfahlbauten in den Schweizerseen. *Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft Zürich* IX, 2. Abt., Nr. 3, 2¹⁸⁶⁵, 67-100 [1. Auflage 1956].
- KLOCKE, F. 1956: Die jungsteinzeitlichen Flachhacken. In: *Holzbearbeitungsgeräte. Vorgesichtliche Museumsarbeit und Bodendenkmalpflege* 2, 1956, 23.
- KOCH, G. 1963/1968: Mikronesier (Gilbert-Inseln, Tabiteuea). – Bau eines Schlafhauses. Film E 834 des IWF. Göttingen (24,5 min.).
- KOCH-GRÜNBERG, T. 1909/10: Zwei Jahre unter den Indianern. *Reisen in Nordwest-Brasilien, 1903-1905*, 2 Bde. Berlin 1909/10.
- KÖNINGER, J. 1992: Bodman-Schachen I. Die frühbronzezeitlichen Ufersiedlungen Tauchsondagen 1982-84 und 1986. Diss. Freiburg 1992.
- KOVACS, M. 1991: Découpage d'une chaîne opératoire. Fabrication d'un grand bac ellipsoïdal en bois évidé, teknö. In: Balfet (Hrsg.) 1991, 37-42.
- LA BAUME, W. 1951: W. La Baume, Grundsätzliches zur Form und Funktion des Steinbeils und beilähnlicher Geräte der Steinzeit. In: K. Kersten (Hrsg.), *Festschrift für Gustav Schwantes zum 65. Geburtstag*. Neumünster 1951.
- LEECHMANN, D. 1950: Aboriginal treefelling. *National Museum of Canada, Bulletin* No. 118, 1950, 44-49.
- LEEuw, VAN DER, S.E. 1994: Cognitive aspects of 'technique'. In: Renfrew, Zubrow (Hrsg.) 1993, 35-142.
- LEROI-GOURHAN, A. 1971: *Evolution et technique. L'homme et la matière*. Paris 2¹⁹⁷¹.
- LEROI-GOURHAN, A. 1988: *Hand und Wort. Die Evolution von Technik, Sprache und Kunst*. Frankfurt a. M 1988.
- LE ROUX, C.C.F.M. 1948: *De bergpapeo's van Nieuw-Guinea en hun woongebied*, Vol. I. Leiden 1948.
- LOVE, J.R.B. 1942: *Stone Age Bushmen of today*. London-Glasgow 1942.
- LÜNING, J. 1981: Eine Siedlung der mittelneolithischen Gruppe Bischheim in Schernau, Ldkr. Kitzingen. *Materialhefte zur Bayerischen Vorgeschichte* A 44. Kallmünz 1981.
- LÜNING, J. 1991: Bemerkungen zur experimentellen Archäologie. In: Fansa (Hrsg.) 1991, 15-18.
- MAGET, M. 1953: *Guide d'étude directe des comportements culturels*. Paris 1953.
- MAUSS, M. 1947: *Manuel d'ethnographie*. Paris 1947.
- MCGRAIL, S. (Hrsg.) 1982: *Woodworking Techniques before A.D. 1500. Papers presented to a Symposium at Greenwich in September, 1980, together with edited discussion*. National Maritime Museum, Greenwich. *Archaeological Series* No. 7. BAR International Series 129. Oxford 1982.
- MCGUIRE, J.D. 1896: *A study of the primitive methods of drilling*. Washington 1896.
- McK. CLOUGH, T. H., CUMMINGS, W. A. (Hrsg.) 1979: *Stone Axe Studies. Research Report* No. 23, Council of British Archaeology London 1979.
- MEIER, M. 1990: Das Arbeiten mit neolithischen Felsgesteinbeilen. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1990, 273-278.
- MENGHIN, O. 1931: *Weltgeschichte der Steinzeit*. Wien 1931.
- MITCHELL, S.R. 1959: The woodworking tools of the Australian Aborigines. *Journal of the Anthropological Institut of Great Britain and Ireland* 89, 1931, 191-199.
- MONTELIUS, O. 1906: *Kulturgeschichte Schwedens*. Leipzig 1906.
- MOUNTFORD, C.P. 1941: An unrecorded method of manufacturing wooden implements by simple stone tools. *Transactions and Proceedings of the Royal Society of South Australia* 65, 1941, 312-316.
- MÜLLER, S. 1884-1889: *Instruments tranchants de l'Ancien Age de Pierre. Mémoire de la Société des Antiquaires du Nord, 1884-1889*, 371-393.
- MÜLLER, S. 1888: *Zoologische og Archaeologische Bestemmelser. Aarbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie* 1888, 267.
- MÜLLER-BECK, H. 1965: *Seeberg Burgäschisee-Süd. Holzgeräte und Holzbearbeitung*. *Acta Bernensia* II, 5. Bern 1965.
- MÜLLER-BECK, H. 1991: Die Holzartefakte. In: H. T. Waterbolk, W. van Zeist (Hrsg.), *Niderwil, eine Siedlung der Pfynen Kultur, Bd. IV: Holzartefakte und Textilien*. Bern-Stuttgart 1991, 13-234.
- NIETSCH, H. 1939: *Wald und Siedlung im vorgeschichtlichen Mitteleuropa*. Mannus Bd. 64. Leipzig 1939.

- NOËL, M., BOCQUET, A. 1987: Les hommes et le bois. Histoire et technologie du bois de la préhistoire à nos jours. Poitiers 1987.
- NOWATZYK, G., BARTSCH, A. 1991: (Re-) Konstruktion eines älterkaiserzeitlichen Grubenhauses. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1991, 169-177.
- OLAUSSON, D. S. 1982: Lithic technological analysis of the thin-butted flint axe. *Acta Archaeologica* (Kopenhagen) 53, 1982, 1-87.
- ORME, B. J., COLES, J. M. 1983: Prehistoric woodworking from the Somerset Levels: 1. Timber. *Somerset Levels Papers* 9, 1983, 19-43.
- PAULSEN, H. 1990: Schußversuche mit einem Nachbau des Bogens von Koldingen, Ldkr. Hannover. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1990, 298-305.
- PAWLIK, A. 1992: Mikrogebrauchsspurenanalyse. Methoden – Forschungsstand – Neue Ergebnisse. *Urgeschichtliche Materialhefte* 9. Tübingen 1992.
- PAWLIK, A. 1995: Die mikroskopische Analyse von Steingeräten. Experimente – Auswertungsmöglichkeiten – Artefaktanalysen. *Urgeschichtliche Materialhefte* 10. Tübingen 1995.
- PERINI, R. 1984: Scavi archeologici nella zona palafitticola di Fivavé – Carera. Parte I: Campagne 1969-1976. Situazione dei depositi e dei resti strutturali. *Patrimonio storico e artistico del Trentino* 8. Trento 1984.
- PERLÈS, C. 1991: C. Perlès, Introduction. In: 25 ans d'Etudes Technologiques en Préhistoire. Bilan et perspectives. XIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes 1990. Juan-les-Pins 1991, 7-10.
- PÉTREQUIN, P. (Hrsg.) 1997: Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura) III: Chalain station 3, 3200-2900 av. J.-C. Paris 1997.
- PÉTREQUIN, P., PÉTREQUIN, A.-M. 1993: Ecologie d'un outil: la hache de pierre en Irian Jaya (Indonésie). Paris 1993.
- PÉTREQUIN, P., PÉTREQUIN, A.-M., FRENÉE, E., MONNIER, J.-L. 1992: Chalain 6 (Fontenu, Jura): Architecture et traction animale au néolithique final. In: *Archéologie et environnement des milieux aquatiques: Lacs, fleuves, et tourbières du domaine alpin et de sa périphérie*. Actes du 116e Congrès national des Sciences savantes Chambéry 1991. Paris, 1992, 243-262.
- PFEIFFER, L. 1912: Die steinzeitliche Technik und ihre Beziehungen zur Gegenwart. Ein Beitrag zur Geschichte der Arbeit. Jena 1912.
- PLEYER, R. 1991: Holzbearbeitung mit altneolithischem geschliffenem Steingerät. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1991, 227-230.
- PLEYER, R. 1995: Herstellung und Einsatz von spätneolithischen Hirschgeweihhäxten. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1995, 161-164.
- POTRATZ, H. 1941: Baumfällen mit dem Steinbeil. *Die Kunde* 9, 1941, 230-231.
- PRYOR, F. 1991: Flag Fen. Prehistoric Fenland Centre. *English Heritage Book*. London 1991.
- QUENTE, P. 1914: Steinzeitliche Ackerbaugeräte aus der Ostprignitz, Erdhacken, Pflüge und ihre Schäftungsmöglichkeit. *Prähistorische Zeitschrift* 6, 1914, 180-187.
- RACKHAM, O. 1977: Neolithic woodland management in the Somerset Levels: Garvin's, Walton Heath, and Rowland's Tracks. *Somerset Levels Papers* 3, 1977, 65-71.
- RAFTERY, B. 1992: Les bois de l'Age du Fer en Irlande. In: D. Vuallat (Red.), *Actes du XIIIe Colloque de l'A.F.E.A.F. Le Berry et le Limousin à l'Age de Fer*. *Artisanat du bois et des matières organiques*. Guéret – Mai 1989. Association pour la Recherche Archéologique en Limousin. Limoges 1992, 59-67.
- RAMSEYER, D. 1987: Delley-Portalban II. Contribution à l'étude du néolithique en Suisse occidentale. *Archéologie Fribourgeoise* 3. Fribourg 1987.
- RENFREW, C., ZUBROW, E. B. W. (Hrsg.) 1994: *The ancient mind: Elements of cognitive archaeology*. *New Directions in Archaeology*. Cambridge 1994.
- RICHTER, G. 1957: Zur Technik der Vorzeit: Vom Bohren. *Jahresgabe des Altmärkischen Museums Stendal* 11, 1957, 1-14.
- RICHTER, P.B. 1991: Experimentelle Archäologie: Ziele, Methoden und Aussage-Möglichkeiten. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1991, 19-49.
- RIETH, A. 1949/50: Geschliffene bandkeramische Geräte zur Holzbearbeitung. *Prähistorische Zeitschrift* 34/35, 1949/50, 230-232.
- RIETH, A. 1958: Werkzeuge der Holzbearbeitung: Sägen aus vier Jahrtausenden. *Saalburg-Jahrbuch* 17, 1958, 47-60.
- ROODENBERG, J. J. 1983: Traces d'utilisation sur les haches polies de Bouqras (Syrie). In: M. C. Cauvin (Hrsg.), *Traces d'utilisation sur les*

- outils néolithiques du Proche Orient. *Trav. de la Maison de l'Orient* 5. Lyon 1093, 177-185.
- RYCHNER-FARAGGI, A. 1993: Métal et parure au Bronze final. In: *Hauterive-Champréveyres* 9. *Archéologie Neuchâteloise* 17. Saint-Blaise 1993.
- SAINTY, J., SCHNITZLER, B. 1985: Construction d'une maison néolithique à Blotzheim. *Cahiers d'Alsaciens Archéologie, d'Art et d'Histoire* 28, 1985, 7-20.
- SALISBURY, R. F. 1962: From stone to steel: Economic consequences of a technological change in New Guinea. Melbourne 1962.
- Sands, R. 1997: Prehistoric Woodworking. The Analysis and Interpretation of Bronze and Iron Age Toolmarks. *Wood in Archaeology* Vol. 1. London 1997.
- SARAYDAR, S. C., SHIMADA, I. A. 1971: A quantitative comparison of efficiency between a stone axe and a steel axe. *American Antiquity* 36, 1971, 216-217.
- SARAYDAR, S. C., SHIMADA, I. A. 1973: Experimental Archaeology: A new outlook. *American Antiquity* 38, 1973, 344-350.
- SCHADWINKEL, H.-T., HEINE, G. 1986: *Das Werkzeug des Zimmermanns*. Hannover 1986.
- SCHLANGER, N. 1994: Mindful technology: unleashing the *chaîne opératoire* for an archaeology of mind. In: Renfrew, Zubrow (Hrsg.) 1994, 143-151.
- SCHLENKER, B. 1994: Knochen und Geweihgerät in der Jungsteinzeit. In: M. Kokabi, B. Schlenker, J. Wahl (Hrsg.), „Knochenarbeit“. Artefakte aus tierischen Rohstoffen im Wandel der Zeit. *Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg* 27. Stuttgart 1994, 41-56.
- SCHLICHTERLE, H. 1975: Pflanzenabdrücke in Hüttenlehm aus der Michelsberger Grube bei Reusten, Kr. Tübingen. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 5, 1975, 25-26.
- SCHLICHTERLE, H. 1977: Abdrücke in Hüttenlehm aus Michelsberger Gruben bei Ammerbuch-Reusten, Kreis Tübingen. *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 3, 1977, 107-114.
- SCHNEIDER, H. 1992: *Einführung in die antike Technikgeschichte*. Darmstadt 1992.
- SCHÖBEL, G. 1996/97: Das neue „Steinzeithaus“ im Freilichtmuseum Unteruhldingen. *Plattform* 5/6, 1996/97, 83-98.
- SCHOKNECHT, U. 1964: Eine Siedlung der späten vorrömischen Eisenzeit bei Waren/Müritz. *Jahrbuch der Bodendenkmalpflege. Mecklenburg* 1964, 153-174.
- SCHWABEDISSEN, H., SCHMIDT, B. 1983: Mooreichen aus Schleswig-Holstein – Ein „Baumring-Kalender“ bis zurück in die Steinzeit. *Die Heimat* 90, 1983, 12-21.
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1983: Holz in der Urgeschichte. In: Jankuhn u.a. (Hrsg.) 1983, 395-396.
- SEHESTED, N. F. B. 1884: *Archaeologiske Undersogelser 1878-1881*. Kopenhagen 1884.
- SEMENOV, S. A. 1964 [1957]: S. A. Semenov, Prehistoric technology. London 1954 [Russische Erstveröffentlichung 1957].
- SEMENOV, S. A. 1968: *Razvitije tehniki v kamennom veke*. Leningrad 1968.
- SHAW, T. 1969: Tree-felling by fire. *Antiquity* 43, 1969, 52.
- SILLITOE, P. 1979: Stone versus steel. *Mankind* 12, 1979, 151-161.
- SMITH, G. V. 1891: *Huggeforsög i fyrretrae med skivespaltare*. Aarbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie, 1891, 383-396.
- STELCL, J., MALINA, J. 1970: Anwendung der Petrographie in der Archäologie. *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis. Geologia* 11 (5), 1970.
- STEENSBERG, A. 1955: Some recent Danish Experiments in Neolithic Agriculture. *Agricultural and Historical Review* 5, 1955, 66-73.
- STEENSBERG, A. 1980: *New Guinea Gardens. A Study of Husbandry with Parallels in Prehistoric Europe*. London 1980.
- STEWART, H. 1984: *Cedar – Tree of Life to the Northwest Coast Indians*. Vancouver 1984.
- STILES, D. 1977: Ethnoarchaeology: A discussion of methods and applications. *Man* 12, 1977, 87-103.
- STOTZER, M. 1977: *Untersuchungen zur Typologie, Technologie und Ergologie prähistorischer Holzartefakte*. Diss. Phil. II. Univ. Bern 1977.
- SUTER, P. 1987: Zürich „Kleiner Hafner“. *Tauchgrabungen 1981-1984. Berichte der Zürcher Denkmalpflege, Monographien* 3. Zürich 1987.
- TAYLOR, M. 1991: Woodworking technology in the Bronze Age: Timber from Flag Fen Excavations, Peterborough, Cambridgeshire, England. In: *Rencontres Xylogiques*.

- Grenoble, 21 et 22 février 1991. Grenoble 1991, 99-102.
- TINDALE, N. B. 1941: The handaxe use in the western desert of Australia. *Mankind* 3, 1941, 37-41.
- TOWNSEND, W. H. 1969: Stone and steel tool use in a New Guinea society. *Ethnology* 8, 1969, 199-205.
- TRINGHAM, R. 1978: Experimentation, Ethnoarchaeology, and the Leapfrogs in Archaeological Methodology. In: Gould (Hrsg.) 1978, 169-200.
- UERPMMANN, H.-P. 1973/74: Zur Technologie neolithischer Knochenmeißel. *Archäologische Informationen* 3/4, 1973/74, 137-141.
- VAUGHAN, P. 1985: Use-wear analysis of flaked stone tools. Tucson 1985.
- VEIL, S. 1990: Die Nachbildung einer Jagdlanze der Neandertaler aus Lehringen, Ldkr. Vorden. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1990, 284-286.
- VIDALE, M., KENOYER, J. M., BHAN, K. K. 1992: A discussion of the concept of „chaîne opératoire“ in the study of stratified societies: evidence from ethnoarchaeology and archaeology. In: *Ethnoarchéologie: Justification, problèmes, limites. XIIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes 1991* Juan-les-Pins 1992, 181-194.
- VORLAUF, D. 1990: Ein bronzenes, zweiseitiges „Rasiermesser“ der älteren Urnenfelderzeit im archäologischen Experiment. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1990, 371-376.
- VOSSEN, R. 1992: Ethnoarchäologie – Über die Entstehung und Zielsetzung einer neuen Wissenschaft. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 1992, 33: 3-12.
- WALLET, M. 1991: Chaîne opératoire pour la fabrication d'une quille en bois tourné à Aiguines (Var). In: Balfet (Hrsg.) 1991, 31-35.
- WEINER, J., LEHMANN, J. (im Druck): Remarks concerning Early Neolithic Woodworking: The Example of the Bandkeramik Well of Erkelenz-Kückhoven, Northrhine-Westfalia (FRG). In: L. Castelletti (Hrsg.) *Atti della riunione „Le Strutture abitative dalla Preistoria al Medioevo“* novembre 4-5, 1995, Como.
- WEINER, J., PAWLIK, A. 1995: Neues zu einer alten Frage. Beobachtungen und Überlegungen zur Befestigung alteolithischer Dechselklingen und zur Rekonstruktion bandkeramischer Querbeilholme. In: Fansa, M. (Hrsg.) 1995, 111-144.
- WINIGER, J. 1981: Ein Beitrag zur Geschichte des Beils. *Helvetica Archaeologica* 12, 1981, 161-188.
- WOTZKA, H. P. 1993: Zur Tradition der Keramikdeponierung im äquatorialen Regenwald Zaïres: Ein Bekenntnis zur allgemeinvergleichenden Analogie. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, 1993, 251-283.
- ZÜRN, H. 1965: Das jungsteinzeitliche Dorf Ehrenstein (Kreis Ulm). Ausgrabungen 1960. Teil 1: Die Baugeschichte. Veröffentlichungen des staatlichen Amtes für Denkmalpflege. Reihe A. Vor- und Frühgeschichte. Heft 10/I. Stuttgart 1965.

Anschrift der Verfasserin

Petra Schweizer M.A.
 c/o Institut für Ur - und Frühgeschichte
 und Archäologie des Mittelalters
 Universität Tübingen
 Schloß Hohentübingen
 D-72074 Tübingen

Rekonstruktionsversuche zu Bastschnüren und Seilen aus dem Salzbergwerk Hallstatt

Klaus Löcker
Johann Reschreiter

Ausgangspunkt unserer Überlegungen zu Schnüren und Seilen¹ aus Bast² waren die zahlreichen Funde aus dem Salzbergwerk Hallstatt/Oberösterreich. Von dort existieren Belege dieser Fundgattung aus urnenfelderzeitlichen, hallstatt- und frühlatènezeitlichen Fundzusammenhängen.

Bastschnüre kommen im Salzbergwerk Hallstatt in mehreren Varianten vor.

Die einfachste und auch häufigste Form der „Schnur“ stellen *einzelne Baststreifen* dar, die entweder als nicht sehr belastbares und kurzes Bindematerial³ verwendet wurden oder zur notdürftigen Reparatur von Textilien, Leder-, Fell- und Hautgegenständen⁴ eingesetzt wurden (Abb.1).

Die *einfachsten „richtigen Schnüre“* bestehen aus zwei miteinander verdrehten Baststreifen. Hierbei sind die beiden einzelnen Streifen in S-Richtung gedreht und in Z-Richtung zu einer Schnur geschlagen (Abb. 2).

Bei diesen beiden Varianten ist die Schnurlänge durch die Länge des Ausgangsmaterials, des Baststreifens, gegeben und dürfte aus herstellungstechnischen Gründen⁵ einen Meter nicht wesentlich überschreiten. Bei *dickeren Schnüren und Seilen* wurden die einzelnen Fäden aus mehreren Baststreifen gebildet. Diese sind in S-Richtung

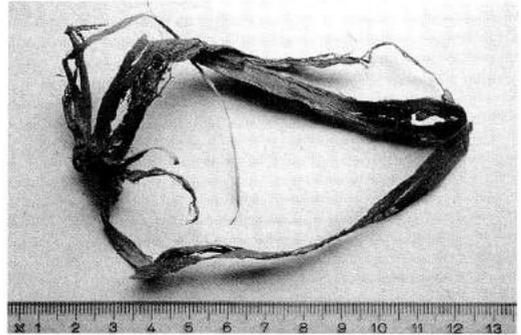


Abb. 1 Baststreifen mit Knoten.



Abb. 2 Zweischäftige Schnur mit Knoten aus zwei Baststreifen gedreht.

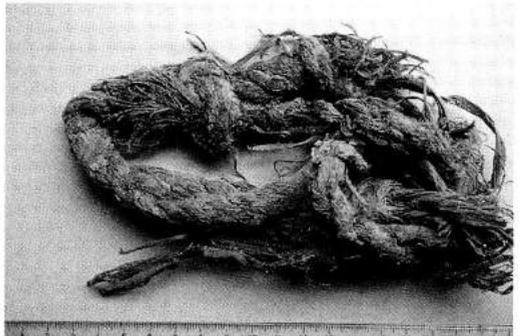


Abb. 3 Dreischäftiges Seil mit Augspleiß mit zweischäftigem Seil verknötet.

miteinander verdreht und zu zwei- oder dreischäftigen Schnüren mit Z-Drehung geschlagen (Abb. 3).⁶ Auf diese Art und Weise ließen sich je nach Dicke, Breite und Anzahl der Einzelstreifen Schnüre und Seile mit beliebigen Durchmessern herstellen. In Hallstatt sind Schnüre und Seile

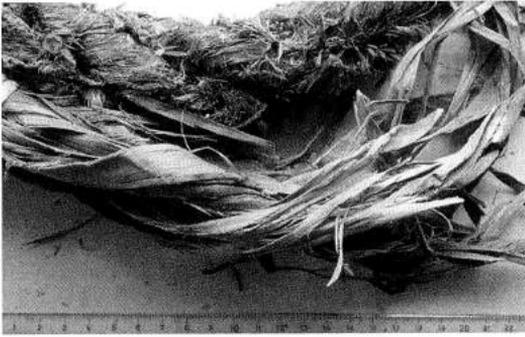


Abb. 4 Dreischäftiges Seil mit ausgefranster Bruchstelle.

von 3 mm bis 40 mm belegt. Dadurch, daß die Einzelstreifen gegeneinander versetzt angeordnet wurden, ließen sich durch das Anfügen neuer Streifen Endlosschnüre ohne Schwachstellen herstellen.

Alle bisher untersuchten Schnüre und Seile sind aus Lindenbast gefertigt. Die anderen verwendbaren Baumarten – Eiche, Weide und Ulme – konnten nicht nachgewiesen werden. Der Lindenbast wurde den Schnur- bzw. Seildurchmessern entsprechend in Streifen von 1,5 mm bis 16 mm Breite und 0,3 mm bis 1,5 mm Dicke zerlegt. Die Länge der Streifen konnte bisher nicht bestimmt werden, da von den Schnüren nur kurze Fragmente vorliegen und das einzige lange Stück, ein Seil mit 40 mm Durchmesser (Abb. 4), noch nicht eingehend untersucht werden konnte.

Mit Baststreifen als Ausgangsmaterial sind die Hallstätter Schnüre mit den frühmittelalterlichen Schnüren und Tauen aus Haithabu zu vergleichen,⁷ unterscheiden sich aber wesentlich von neolithischen und bronzezeitlichen Schnüren aus österreichischen und schweizerischen Seeufersiedlungen.⁸ Dort konnte nachgewiesen werden, daß der Bast vor der eigentlichen Schnurherstellung, ähnlich dem Flachs, geröstet, also in Einzelfasern zerlegt

wurde. Anschließend wurden die Einzelfasern zu Garnen gedreht und diese zu Schnüren weiterverarbeitet.

Vom Hallstätter Originalmaterial ausgehend waren für uns folgende Fragestellungen von Interesse:

- die Technik der Rohmaterialgewinnung,
- die Herstellungstechnik,
- die Materialeigenschaften von Bast-schnüren,
- der Material- und Zeitaufwand.

Rohmaterialgewinnung

Die Hallstätter Schnüre und Seile sind aus Baststreifen gefertigt. Eine Mazeration des Bastes, deren Endprodukt einzelne Bastfasern wären, ist in Hallstatt nicht zu beobachten. Mazeration kann absichtlich durch Rösten (ähnlich der Flachsaufbereitung) herbeigeführt werden oder passiert bei längerem Liegen des Baumes im Wald⁹ durch den natürlichen Abbauprozess von selbst. Daher kommt als Rohmaterial der Hallstätter Schnüre und Seile nur Bast von lebenden oder frisch gefällten Bäumen in Frage.¹⁰

Die Gewinnung des Bastes kann unseren Versuchen zufolge auf zwei Arten geschehen: Die Rinde des Stammes oder Astes wird oben und unten entsprechend der gewünschten Streifenlänge bis auf das Holz eingeschnitten. Anschließend wird, vom oberen Schnitt beginnend, entweder die Borke zuerst abgezogen und dann die Bastschicht vom Holz geschält oder es werden Borke und Bast gemeinsam abgezogen und der Bast wird in einem weiteren Arbeitsschritt von der Borke getrennt.¹¹ Die Dicke der Bastbahnen variiert von mehreren Zehntelmillimetern bei dünnen Ästen bis zu einigen Millimetern bei dicken Stämmen. Die so gewonnenen Bahnen müssen jetzt in die gewünschten Streifen zerlegt

werden. Dies erfolgt, falls notwendig, durch weiteres Aufspalten der Bahnen und Zerteilen in gleich breite Streifen. In die gewünschte Streifenbreite werden die Bastbahnen durch einfaches, von einem Ende beginnendes, Auseinanderziehen gebracht. Zum Aufspalten werden diese Streifen an einem Ende mit einem spitzen Gegenstand gespalten, der anschließend der Länge nach durch die ganze Bahn gezogen wird.

Hiermit wäre die Herstellung des Rohmaterials beendet. Die Baststreifen können gleich baumfrisch weiterverarbeitet werden oder man trocknet sie und bewahrt sie so bis zur weiteren Bearbeitung auf.

So einfach wie es klingt ist es jedoch nicht, da der Lindenbast eine „Charakterschwäche“ aufweist. Er ist nicht, wie z.B. Ulmenbast, während der gesamten Vegetationsperiode gewinnbar. Es gibt Tage – egal ob Frühling, Sommer oder Herbst – an denen sich der Bast ohne Probleme in breiten Bahnen vom Stamm lösen läßt, während einige Tage später vom gleichen Baum nur mehr kurze, dünne Fransen abziehbar sind. Wir vermuten, daß diese Eigenschaft mit dem Mondstand in Verbindung stehen könnte, was aber in weiteren Versuchen erst geklärt werden soll.

Herstellungstechnik

Die klassische Technik der Schnurherstellung besteht aus mindestens zwei Arbeitsschritten. Im ersten Arbeitsgang werden aus Fasern Fäden gesponnen. Der zweite Arbeitsschritt, die eigentliche Schnurherstellung, ist das Schlagen der Schnur. Zu diesem Zweck werden zwei oder mehrere Fäden meist entgegen ihrer Spinnrichtung zusammengedreht. Aus S-gedrehten Fäden werden Z-geschlagene Schnüre und umgekehrt.

Diese Art der Schnurherstellung ist aber nur für spinnbares Rohmaterial wie Hanf, Flachs, Baumwolle, Tierhaare oder gerösteten und gehechelten Bast tauglich. Da sich Baststreifen nicht verspinnen lassen, müssen die Fäden auf eine andere Art und Weise produziert werden. Auch das Drillen der Fäden zwischen den Händen¹² oder auf dem Oberschenkel, wie es z.B. bei Kokosfasern¹³ vorkommt, ist mit langen Baststreifen nicht vorstellbar, da bestenfalls unregelmäßige Fäden mit herausstehenden Streifenenden zu erwarten sind.

Fäden aus Baststreifen sind unserer Meinung nach nur auf folgende Weise herzustellen, wobei es sich prinzipiell um die gleiche Technik handelt, diese aber aufgrund des Rohmaterials anders ausgeführt werden muß: Einige am Ende fixierte Streifen werden miteinander eingedreht. Beim fortlaufenden Eindrehen wird jeder zu Ende gehende Streifen einige Zentimeter überlappend durch einen neuen Streifen verlängert. Dabei ist darauf zu achten, daß die Enden der einzelnen Streifen gegeneinander versetzt sind, da mehrere Stückelungen an der gleichen Fadenstelle eine Verdickung und eine Schwächung bedeuten würden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die neuen Streifen in die Mitte des Fadens gesteckt werden, damit keine Streifenenden vorstehen, die später auffasern könnten. Auf diese Art lassen sich beliebig lange Fäden herstellen, die dann zu Schnüren geschlagen werden können.

Bei unseren Versuchen zur Rekonstruktion der Seile aus dem Salzbergwerk Hallstatt verfahren wir bei der Fadenherstellung wie oben beschrieben. Anschließend wurde von vier Personen¹⁴ aus drei solchen Fäden mit 5 mm Durchmesser ein Seil mit 10 mm Durchmesser geschlagen. Hierfür wurden die drei Fadenenden an einem En-

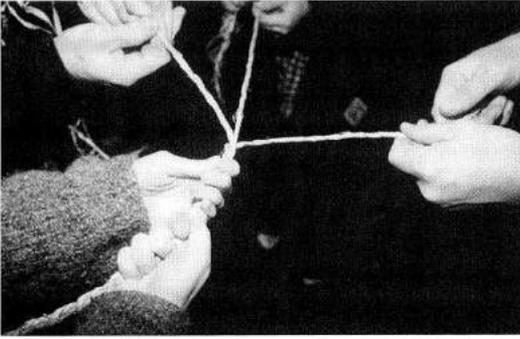


Abb. 5 Schlagen eines dreischäftigen Seiles.

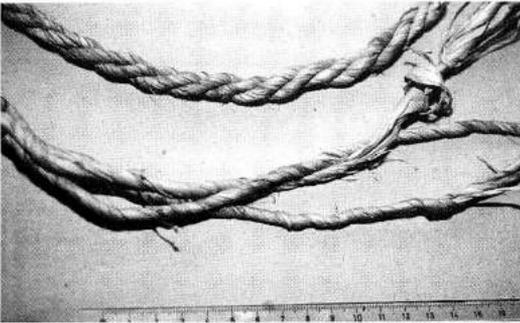


Abb. 6 Fäden und daraus geschlagenes dreischäftiges Seil.

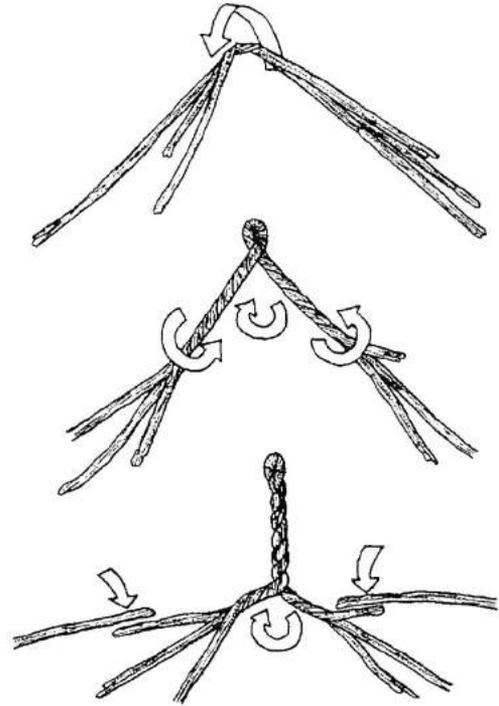


Abb. 7 Schema zur Schnurherstellung aus Baststreifen.

de verknotet. Während einer dieses Ende hielt, wurden die drei freien Fadenenden von drei anderen Personen aufgespannt und in ihrer Drehrichtung weiter eingedreht (Abb. 5 u. 6). Dies bewirkte, daß sich das Seilende automatisch in die Gegenrichtung eindrehte. Durch den Widerstand, den die Person am Seilende dem selbständigen Eindrehen entgegensetzte und den Winkel, den die drei freien Enden zueinander einnahmen, ließ sich die Seilsteigung¹⁵ regulieren¹⁶.

Diese Herstellungstechnik, wie wir sie soeben für Seile beschrieben haben, ist auch für die Produktion von dünnen Schnüren geeignet. Aufgrund des hohen Personalaufwandes nehmen wir an, daß Schnüre auf eine rationellere Art und Weise angefertigt wurden. Dies könnte in der Art ge-

schehen sein, daß die beiden Arbeitsschritte, das Drehen des Fadens und das Schlagen der Schnur, zu einem fortlaufenden Prozeß kombiniert wurden, was die nebenstehende Grafik (Abb. 7) veranschaulichen soll.

Zur Herstellung von zweischäftigen Schnüren werden mehrere Baststreifen zusammengelegt und einige Zentimeter von der Mitte entfernt abgeknickt. Dieser Knick wird mit Daumen und Zeigefinger der einen Hand gehalten, während mit der anderen Hand eines der beiden Baststreifenbündel knapp oberhalb des Knickes eingedreht wird. Dieser so entstandene kurze, eingedrehte Teil wird über die anderen noch nicht eingedrehten Streifen gelegt und mit Daumen und Zeigefinger fixiert. Genauso verfährt man nun mit den

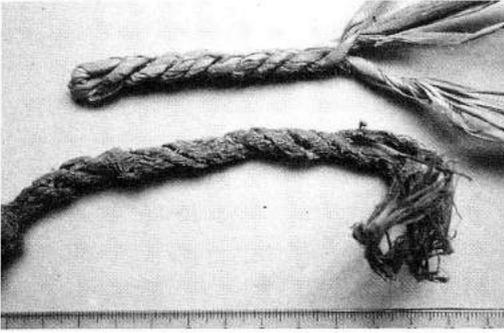


Abb. 8 Zweischäftige Schnur; unten das Original, oben eine Nachbildung.

darunter liegenden Streifen. Sie werden eingedreht und über die bereits eingedrehten Streifen gelegt und fixiert. Dabei ist darauf zu achten, daß die Streifen nicht in die Richtung gedreht werden, in die sie anschließend geschlagen werden. Auf diese Weise fährt man fort, bis einer der Baststreifen nur mehr einige Zentimeter lang ist. Dieser Streifen wird verlängert, indem ein neuer Streifen überlappend dazugelegt, miteingedreht und gleich anschließend über den unteren Faden geschlagen und fixiert wird. Dieser Vorgang wird bei jedem zu Ende gehenden Baststreifen wiederholt, bis die Schnur die gewünschte Länge erreicht hat (Abb. 8).

Bei der Herstellung von dreischäftigen Schnüren verfahren wir gleich, nur daß am Anfang nicht ein Baststreifenbündel geknickt wird, sondern daß drei Bündel am Ende zusammengebunden werden.

Die soeben beschriebenen Methoden der Schnur- und Seilherstellung sind nur mit baumfrischem oder getrocknetem und wieder leicht befeuchtetem Bast möglich. Trockene Baststreifen würden bei der Verarbeitung reißen.¹⁷ Wird der Bast zu feucht verarbeitet, verliert die Schnur im trockenen Zustand ihre Spannung und dreht sich zum Teil wieder auf (s. Abb. 2).

Materialeigenschaften

Bei den Materialeigenschaften von Bast Schnüren muß man vorausschicken, daß durch den natürlichen Rohstoff nur Näherungswerte zu erlangen sind. Außerdem unterscheidet sich der Bast der unterschiedlichen Lindenarten geringfügig in der Belastbarkeit. Überdies bildet die Linde im Frühling den sogenannten Frühbast oder auch Weichbast, der keine Bastfasern aufweist und daher ungeeignet ist. Dieser Frühbast ist nur schwer vom dickeren und zur Verarbeitung verwendbaren Spät- oder auch Hartbast zu unterscheiden.¹⁸

Unserer Erfahrung nach ist Bast im feuchten Zustand geschmeidiger. Diese Eigenschaft ist sowohl bei der Herstellung der Schnüre als auch z.B. beim Binden enger Knoten von Vorteil. Außerdem fasert er nicht so leicht auf, was beispielsweise bei einer Verwendung als Zugseil, das über einen Umlenkbalken geführt wird, nicht unbedeutend ist.¹⁹ Wieder getrocknet, hat der Bast eine höhere Bruchfestigkeit.

In Bezug auf die Bruchfestigkeit von Bast Schnüren stellen unsere Angaben nur einen groben Richtwert dar, da die Auswahl der Bastfasern und die Verarbeitung der Schnüre noch nicht ganz mit den Originalen vergleichbar sind. Bei unseren Versuchen konnten wir eine Belastbarkeit von bis zu 5 kg/mm² Seilquerschnitt feststellen. Damit sind unsere Bastschnüre in etwa mit Baumwollschnüren vergleichbar. Lederseile haben im Vergleich dazu eine um 20 % geringere Bruchfestigkeit.²⁰

Material- und Zeitaufwand

Für die Herstellung einer zweischäftigen, 1 m langen Schnur mit 6 mm Durchmesser aus sechs bis acht Baststreifen pro Faden

benötigten wir ca. 20 Minuten. Mit der Gewinnung und Aufbereitung des Rohmaterials erhöht sich der Zeitaufwand pro Meter Schnur auf etwas weniger als eine Stunde.

Diese Schnur wiegt im trockenen Zustand etwa 13 g. Nach WAGENFÜHR²¹, der 3 kg Bast pro Festmeter Lindenholz angibt, könnte man einige hundert Meter Schnur mit 6 mm Durchmesser aus einem Baum erzeugen.

Ethnographische Parallelen

Intensivere Beschäftigung mit der Schnur- und Seilherstellung bestärkte uns darin, daß die von uns erarbeitete Variante zumindest einen realistischen Weg darstellt. Die besten Parallelen zu unserer Methode der Schnurherstellung fanden wir in Mali/Westafrika. Dort hatten wir vor einem Jahr die Gelegenheit, einige Seiler bei der Arbeit zu beobachten.

Einer von ihnen (Abb. 9 u. 10) produzierte Schnüre fast auf die gleiche Art und Weise wie wir. Es war für uns kein Problem seine Schnur in fast gleichbleibender Qualität weiterzudrehen. Er arbeitete mit ca. 50 cm langen Baststreifen vom Affenbrotbaum, die er in leicht befeuchtetem Zustand verarbeitete. Seine Technik des gleichzeitigen Drehens des Fadens und des Schlagens der Schnur unterscheidet sich nur insofern von der von uns beschriebenen, daß er die neu einzufügenden Streifenenden kurz vor dem Ende umknickt und erst dann in den Fadenverband einfügt. Dadurch ist gewährleistet, daß alle Streifenenden, die bei der Benutzung auffasern könnten, in eine Richtung zeigen. Somit ist die Schnur in einer Richtung strapazierfähiger, weil keine Streifenenden auffasern können. Als einziges Werkzeug verwendete er ein Messer, um allfällige, aus der Schnur hervorste-

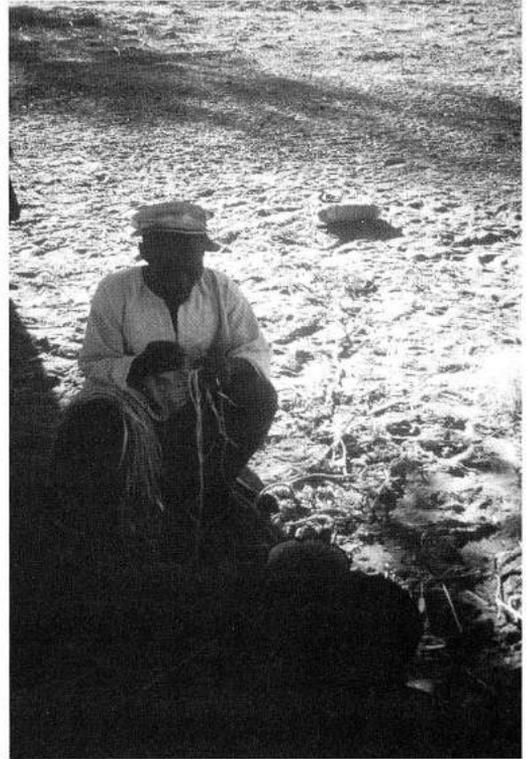


Abb. 9 Seiler aus Mali/Westafrika.



Abb. 10 Seiler aus Mali/Westafrika – Nahaufnahme.

hende Baststreifenenden abzuschneiden. Seine Tagesleistung betrug etwa 10 Meter. In Mali konnten wir die Herstellung von Seilen sowohl als Haupt- als auch als Nebenerwerbstätigkeit beobachten. Es dürfte sich unserer Erfahrung nach um ein nur

von Männern ausgeübtes Gewerbe handeln. Inzwischen wird der Bast als Rohstoff für die Seilerei immer mehr durch Plastikstreifen, die aus aufgetrennten Plastiksäcken gewonnen werden, ersetzt. Die Herstellungstechnik bleibt jedoch dieselbe.

Anmerkungen

- 1 Wir verwenden im folgenden diese Terminologie: Fasern oder Streifen werden zu einem Faden (auch Garn genannt) verdreht. Zwei oder mehrere solcher Fäden werden in entgegengesetzter Richtung zu zwei- oder mehrschäftigen Seilen gedreht (auch „geschlagen“ genannt). S-gedrehte (rechts herum gedrehte) Fäden werden zu Z-gedrehten (links herum gedrehten) Seilen geschlagen und umgekehrt. Seile unter 6 mm Durchmesser bezeichnen wir als Schnüre.
- 2 Die Rinde eines Baumes setzt sich größtenteils aus Bast (lebende Innenrinde) und Borke (abgestorbene Außenrinde) zusammen. Die vordringliche Aufgabe des Bastes ist es, die in den Blättern gebildeten organischen Stoffe stammabwärts zu leiten. (vgl. WAGENFÜHR 1989, 53-56).
- 3 EGG, SPINDLER 1993, 51.
- 4 HALLER, 57.
- 5 Je länger die Streifen sind, desto schwieriger wird die Handhabung, weil sich die frei herabhängenden Streifenenden beim Drehen der Schnur mitdrehen und ständig entwirrt werden müssen.
- 6 Alle Bastschnüre und -seile aus dem Salzbergwerk Hallstatt sind aus S-gedrehten Fäden, die in Z-Richtung geschlagen sind. Lediglich bei Grasschnüren, die auch in einer größeren Anzahl vorliegen, kommen auch S-geschlagene Schnüre mit Z-gedrehten Fäden vor.
- 7 KÖRBER-GROHNE 1977, 64-111.
- 8 RAST-EICHER 1990, 119. HOLZER, 1995.
- 9 PLEYER 1994.
- 10 Für uns stellte sich überdies noch die Frage, ob auch bei Linden, ähnlich wie bei den Affenbrotbäumen, eine Basternte möglich ist, ohne den Baum zu schädigen. Wenn das Kambium, das zwischen Holz und Bast liegt, bei der Basternte nicht verletzt wird, könnte es vielleicht neuen Bast ausbilden. Wir konnten allerdings noch keinen Botaniker finden, der zu dieser Frage Stellung nehmen wollte.
- 11 Leichter geht es, wenn man die Rinde einige Tage in stehendem Wasser einweicht. Freundliche Mitteilung von Harm Paulsen, Schleswig.
- 12 Diese Technik wurde zwar zur Herstellung von Hartgras-Stricken für die Reetdachdeckerei angewendet, ist jedoch nicht geeignet, Schnüre

mit der Qualität, wie wir sie aus dem Salzbergwerk Hallstatt kennen, zu erzeugen. Vgl. A. LÜHNING, Mitteleuropa, Schleswig – Drehen von Hartgras-Stricken zum Reetdachdecken. Encyclopedia Cinematographica, Film E 510. Göttingen 1964.

- 13 G. KOCH, Mikronesier (Gilbert-Inseln, Nonouti) – Herstellen von Kokosfaserschnur. Encyclopedia Cinematographica, Film E 825. Göttingen 1968.
- 14 Herzlichen Dank an alle, die bei den Versuchen mitgeholfen haben.
- 15 Der Winkel, den die Einzelfäden zur Längsrichtung des Seiles haben.
- 16 G. KOCH, Mikronesier (Gilbert-Inseln, Nonouti) - Herstellen eines Kokosfaserseiles. Encyclopedia Cinematographica, Film E 826. Göttingen 1968.
- 17 Trockener Lindenbast hat eine äußerst geringe Torsionsfestigkeit; vgl. REUTLINGER 1901, 49.
- 18 WAGENFÜHR 1989, 55.
- 19 Dazu wäre es eigentlich nötig, das Seil einzuölen oder einzufetten, jedoch wurden auf den Hallstätter Seilen keine Öl- oder Fettrückstände gefunden. Dies kann damit erklärt werden, daß durch die hygroskopische Wirkung des Salzes das Seil auch ohne Behandlung ständig feucht, und damit geschmeidig war. Auf den Schnüren und Tauen von Haithabu konnte eine Behandlung mit Öl oder Fett nachgewiesen werden, KÖRBER-GROHNE 1977.
- 20 REUTLINGER 1901.
- 21 WAGENFÜHR 1989.

Literatur

- EGG, M., SPINDLER, K. 1993: Die Gletschermumie vom Ende der Steinzeit aus den Ötztaler Alpen. Sonderdruck aus dem Jahrbuch RGZM 39/1992. Mainz 1993.
- HALLER, A.: Das Similaun Syndrom/Oecci Homo. Litzelstetter Libellen, Ziemlich Neue Folge (ZNF) Nr. 1. o. O. u. J.
- HOLZER, V., ANTL-WEISER W. 1995: Neue Ergebnisse der Pfahlbauforschung in Österreich. Plattform. Zeitschrift des Vereins für Pfahlbau und Heimatkunde e.V. 4, 1995, 8-19.
- KÖRBER-GROHNE, U. 1977: Botanische Untersuchungen des Tauwerks der frühmittelalterlichen Siedlung Haithabu und Hinweise zur Unterscheidung einheimischer Gehölzbast. Berichte über die Ausgrabungen in Haithabu, Bericht 11. Neumünster 1977, 64-111.
- RAST, A. 1990: Die Verarbeitung von Bast. In: Die ersten Bauern. Pfahlbaufunde Europas.

- Schweizerisches Landesmuseum Zürich, Band 1, 1990, 119-126.
- RAST-EICHER, A. 1995: Baumbaste – Fasermaterial für Geflechte und Gewebe. Jahrbuch des Staatsarchivs des Kantons Zug, des Amtes für Denkmalpflege und Archäologie, des Kantonalen Museums für Urgeschichte Zug und des Museums in der Burg Zug, Tugium 11, 1995, 57-59.
- REUTLINGER, J. 1901: Taschenbuch für Seiler. Offenbach a. M. 1901.
- ROHRBACH, J. 1886: Das Seilergewerbe in seinem ganzen Umfange. Neuer Schauplatz der Künste und Handwerke, Band 91. Weimar 1886.
- SPÄTH-PLEYER, M. u. PLEYER, R. 1994: Arbeiten mit Lindenbast, Binse und Birkenrinde. In: Fansa, M. (Hrsg.), Experimentelle Archäologie/Bilanz 1994. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 8, Oldenburg 1994, 363-367.
- TOBLER, F. 1938: Deutsche Faserpflanzen und Pflanzenfasern. München - Berlin 1938.
- WAGENFÜHR, R. 1989: Anatomie des Holzes. Leipzig 1989.
- HANSEN, O. und LUNDESTAD, J. 1932: Lindebast og bastetog. Nyt magasin for naturvidenskaberne, 71, 1932.
- MARTI, H. 1962: Die drei letzten Luzerner Seiler. Luzerner Haus-Kalender 161 Jg. Luzern 1962, 58 ff.
- NILSON, A. 1950: Studier i svenskt repslageri. In: Nordiska Museets Handlingar 55. Stockholm 1961.
- OESTERLE, V. 1950: Handbuch für Seiler. Offenburg 1950.
- TREITZSCH, F. 1910: Das Seilergewerbe in Deutschland. Leipzig 1910.
- WÖLFER, M. 1856: Das Seilerhandwerk nach seinem ganzen Umfange. Weimar 1856.

Anschrift der Verfasser

Klaus Löcker
 Theobaldgasse 20-16
 A-1060 Wien
 E-Mail: a8612692@unet.univie.ac.at.

Johann Reschreiter
 Prähistorische Abteilung des
 Naturhistorischen Museums
 Burgring 7
 A-1014 Wien
 E-Mail: Hans.Reschreiter@nhm-wien.ac.at.

Arbeitskreis Experimentelle Archäologie
 der Österr. Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte (ÖGUF)
 Franz-Klein-Gasse 1
 A-1190 Wien

Nicht verwendete Literatur

- BRUNNER, K. 1903: Handspinnerei- und volkstümliche Seilengeräte. Mitteilungen aus dem Museum für deutsche Volkstrachten und Erzeugnisse des Hausgewerbes zu Berlin 2, 1903.
- DICKINSON, H. W. 1943: A condensed history of ropemaking. London 1943.
- ESKERÖD, A. N. 1927: Repslagering av lindbast. Skånska folkminnen, 1927.
- GRANLUND, J. 1943: Lindbast och träbast. Folkliv 7, 1943.
- GUBSER, T. 1967: Die bäuerliche Seilerei. In: Sterbendes Handwerk 1. Basel 1967.

Nadelbindung – Typ I mit vielen Variationsmöglichkeiten

Gudrun Böttcher

Eingangs möchte ich auf meine im Literaturverzeichnis angegebenen Aufsätze hinweisen, die als Einführung in die Handarbeitstechnik „Nadelbindung“ hilfreich sind und deren Inhalt ich als bekannt voraussetze.

Die in der Literatur gelegentlich geäußerte Meinung, bei den Stichen des Typs I (Bezeichnung nach M. Hald) sei die Anzahl der beim Nähen gekreuzten Fäden so gering, daß es nicht viele Variationsmöglichkeiten gäbe, und die Existenz einer in dieser Stichart gefertigten neuzeitlichen Nadelbindungs-*mütze*, vermutlich eine „Schlafmütze“, im Streekmuseum in Dokkum, Niederlande, haben mich zu einer Untersuchung der Variationsmöglichkeiten dieses Stichtyps veranlaßt. Dabei hat mich die ungefähre Anzahl der denkbaren Varianten interessiert, ich wollte aber auch herausbekommen, ob sich darunter solche befinden, die aufgrund ihrer Fadenführung oder Struktur dem fertigen Textil für bestimmte Anwendungszwecke besondere Vorteile verschaffen. Außerdem unterscheidet sich die „Schlafmütze“ aus Dokkum in der äußeren Erscheinung so stark von Nadelbindungstextilien skandinavisches Ursprungs mit deren oft deutlichen Fischgrätenstruktur, daß man die Mütze vom ersten Eindruck her nicht sofort als in dieser Technik ge-

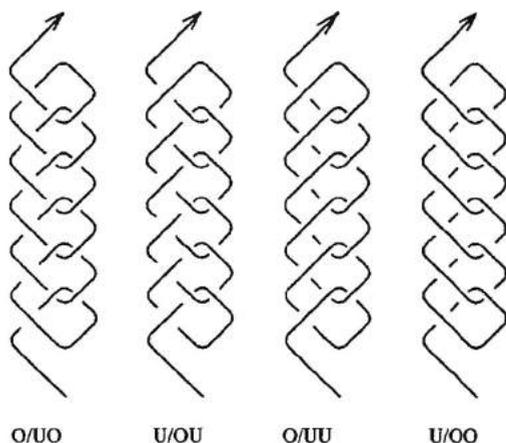


Abb. 1 Grundformen des Stichtyps I.

macht erkennt. Vielleicht würden sich viele textile Fundstücke, deren Herstellungsverfahren bisher nicht geklärt ist, bei näherer Untersuchung als Nadelbindungstextilien erweisen.

Nadelbindung des Typs I wurde bisher überwiegend bei skandinavischen Haarsieben und einem großen Fausthandschuh aus Junsele in Ängermanland, Schweden, gefunden. Die Stichart wird mit „I“ bezeichnet, da die Nadel bei der Ausführung eines kompletten Stiches durch nur eine bereits existierende Schlaufe derselben Reihe geführt wird. Dabei gibt es vier Möglichkeiten des Fadenlaufs, die man mit der Methode von E. HANSEN mit O/UO, U/OU, O/UU oder U/OO beschreiben kann. Abb. 1 zeigt für diese Grundformen je eine Musterreihe, deren rechte Kante durch die Bögen der einzelnen Schlaufen gebildet wird und an deren linker Kante sich die Schlaufenbögen kreuzen, die von einer Schlaufe zur nächsten führen. Im allgemeinen wird Nadelbindung in Runden ausgeführt, d.h. die Maschenreihen laufen innerhalb des Textils zylinderförmig oder schneckenhausähnlich und werden meistens von links nach rechts gebildet; jeder Stich einer neuen Reihe (Folgereihe) wird zusätz-

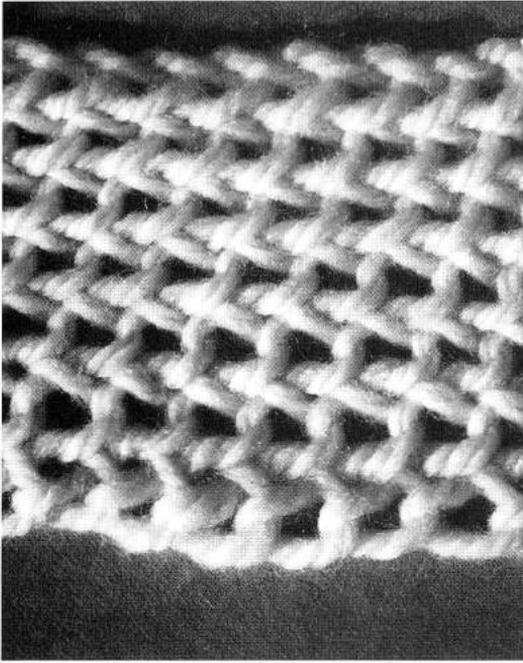


Abb. 2 Fadenverlauf U/OU; flache, lose Struktur infolge der Verbindung jeder neuen Schlaufe mit nur einer Schlaufe der Vorreihe.

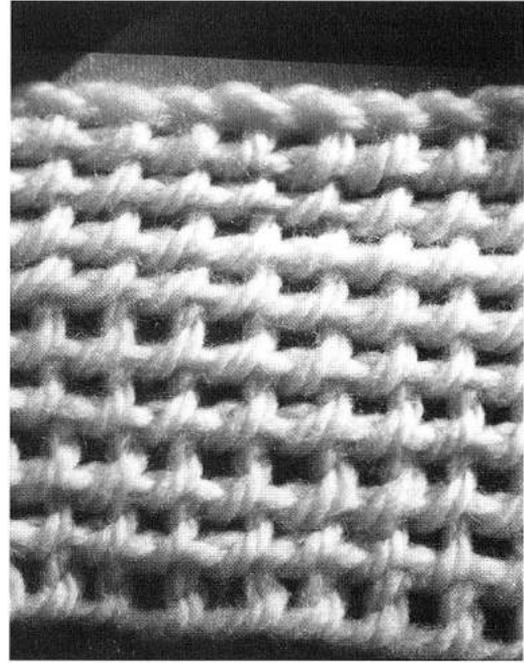
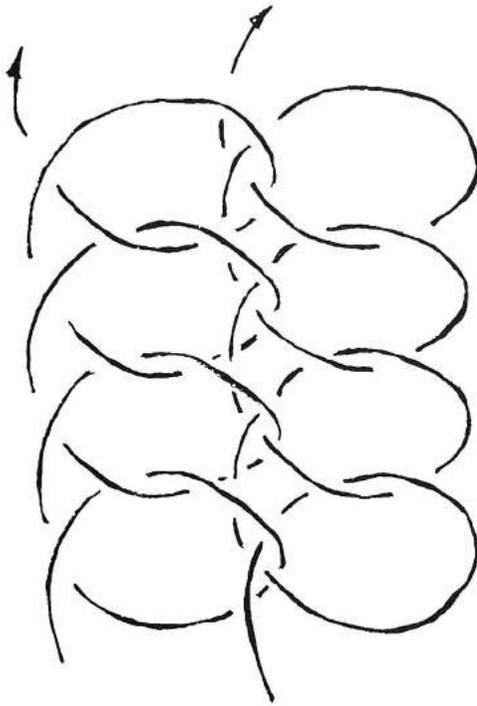


Abb. 3 Fadenverlauf U/OU; größere Festigkeit, ausgeprägte Struktur durch Verbindung jeder neuen Schlaufe mit zwei Schlaufen der Vorreihe.

lich an die Schlaufenbögen der linken Kante der Vorreihe genäht. Je nach Art dieser Verbindung ergeben sich unterschiedliche Stichvarianten. Man kann entweder den Schlaufenbogen einer Schlinge oder zwei Schlaufenbögen zweier nebeneinanderliegender Schlingen aufnehmen und die Nadel von der Vorder- oder von der Rückseite her einstecken. Aus den anfangs vier möglichen Fadenverläufen ergeben sich so bereits 16 Stichvarianten, die sich im Aussehen zwar alle voneinander unterscheiden, bezüglich Dichte und Festigkeit aber Gruppen bilden. Auf die Dichte der Stoffe wirkt sich die Häufigkeit der Richtungswechsel der Nadel während der Ausführung eines Stiches aus, d.h. wie oft die Nadel ober- oder unterhalb der Schlaufen durchgeführt wird. Bei diesen Sticharten kann man eigentlich nur von relativer Dichte innerhalb der Muster des

Typs I sprechen, denn, verglichen mit z.B. Stichtyp III, erscheinen die Muster gitterartig und weniger dicht. Die Festigkeit wird durch die Art der Verbindung bestimmt; Verbindungen mit zwei Schlaufenbögen bei jedem Stich ergeben erwartungsgemäß eine größere Festigkeit, denn an den Verbindungsstellen liegen die Fäden dreifach. In Abb. 2 und Abb. 3 sind zwei Stoffe gleichen Fadenverlaufs (U/OU) gegenübergestellt, die das etwas verdeutlichen sollen. Die Probe in Abb. 2, bei der die Verbindung mit einer Schlaufe gemacht ist, wirkt flach, die Probe in Abb. 3 ist infolge der Verbindung mit zwei Schlaufen dicker; in den hervortretenden „Horizontalen“ liegen die Fäden dreifach. Bei den einfachsten Stichvarianten sind beide Seiten des Stoffes identisch.

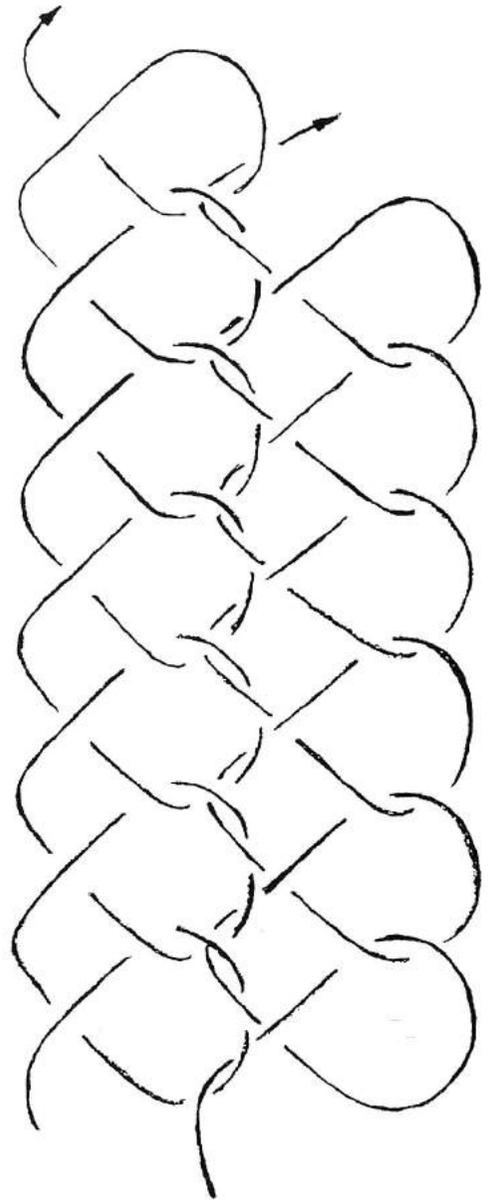
Weitere 16 Variationsmöglichkeiten für die Ausführung der Stiche ergeben sich, wenn



2. Reihe 1. Reihe

Abb. 4 Fadenverlauf U/OU; 2. Reihe an die linke Kante der 1. Reihe genäht.

man die Nadelbindungsarbeit von rechts nach links ausführt, also jede Folgereihe an die rechte Seite der Vorreihe näht. Dabei haben allerdings die vier Grundformen mit den beiden Verbindungsarten, bei denen eine Randschleufe der Vorreihe von der Vorder- bzw. Rückseite her auf die Nadel genommen wird, die gleichen Muster wie beim Nähen „von links nach rechts“. An einem Textilfragment kann man die Nährichtung nicht beurteilen, es sei denn, man hat Anfangs- oder Endpunkt der Arbeit. Für die Verbindungsarten mit zwei Schleifen der Vorreihe ergeben sich zwar acht Stichvarianten, aber nur sechs neue Musterspielarten. Die Muster für die Grundstiche O/UO und U/OO sind denen gleich, die bei entsprechender Verbindungsart an der linken Kante entstehen. Das ergibt sich



1. Reihe 2. Reihe

Abb. 5 Fadenverlauf U/OU; 2. Reihe an die rechte Kante der 1. Reihe genäht.

dadurch, daß der Faden, der nach der Wendung (/) als zweiter gekreuzt werden soll (O), in der zweiten Verbindungsschleufe des zuletzt ausgeführten Stiches liegt und, da diese die erste Verbindungsschleufe für

den neuen Stich ist, mit dieser zugleich gekreuzt wird. Die anderen sechs Varianten ergeben, wie bei Verbindungen mit zwei Schlaufen erwartet, feste Stoffe; sie sind

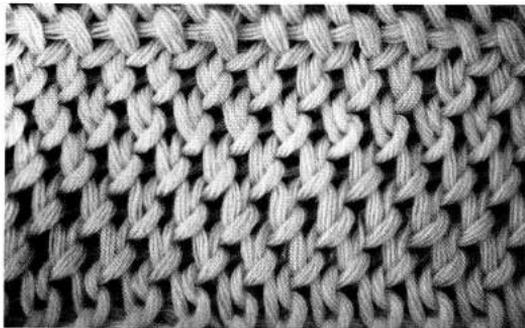
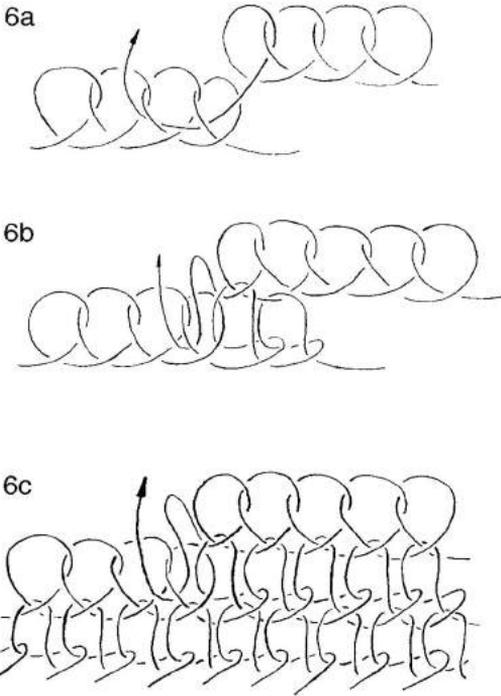


Abb. 6
6a Verbindung der 2. Reihe mit den Mittelschlaufen der 1. Reihe.
6b Durch das Anziehen des Fadens verformte Schlaufen.
6c Drei Reihen der Stichvariante der „Schlafmütze“ in Dokkum.
6d (Foto) Nähprobe (Vorderansicht) des „Schlafmützen“-Stiches.

sogar etwas dichter als die Vergleichsstücke mit der gleichen Verbindungsart an der linken Kante. Der Grund ist anhand der Stichvariante U/OU in Abb. 4 und Abb. 5 dargestellt und leicht erkennbar. Abb. 4 zeigt die Stichvariante mit der Verbindung über zwei Schlaufen der linken Kante. Man sieht deutlich, daß die Verbindung die zweite Kreuzung „U“ von U/OU umschließt. Bei der Verbindung mit zwei Schlaufen der rechten Kante (Abb. 5) liegt dieser Kreuzungspunkt außerhalb der Verbindung der Reihen; er trägt zur Verdichtung des Textils bei.

Noch mehr Variationsmöglichkeiten beim Nähen „von rechts nach links“ ergeben sich, wenn die Verbindung zur Vorreihe nicht mit den Schlaufenbögen der Kante, sondern mit den weiter in der Mitte der Reihe liegenden Bögen ausgeführt wird. Hier kommen für jede einzelne Schlinge zwei Schlaufenbögen in Frage, die von der Vorder- oder Rückseite her auf die Nadel genommen werden können, und die Verbindung kann wieder mit den Schlaufenbögen einer oder zweier nebeneinanderliegender Schlingen ausgeführt werden. Zu diesen Stichvarianten gehört die der „Schlafmütze“ in Dokkum. Bei dieser hat der Ausgangsstich den Verlauf O/UO und die Verbindung zur Vorreihe wird mit den linken Schlaufenbögen zweier benachbarter Schlingen gemacht, die beide beim ersten Stich der zweiten Reihe von der Vorderseite her von rechts nach links auf die Nadel genommen werden (Abb. 6a, 6b, 6c, 6d). Zieht man den Faden etwas straff (allerdings ohne die zuletzt genähte Schlaufe zuzuziehen), so verformen sich die Schlingen der Vorreihe (Abb. 6b); der links unten liegende Schlaufenbogen wird nach rechts oben gezogen. Für den zweiten und alle folgenden Stiche wird, nachdem selbstverständlich zuvor der Stich O/UO für die ent-

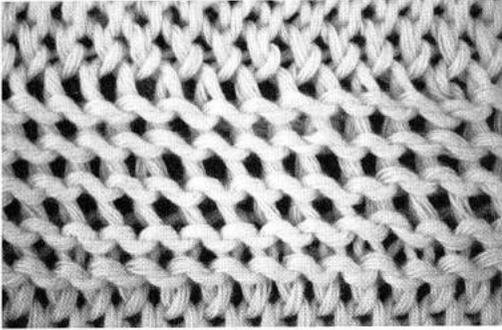


Abb. 7 Lose, durchbrochene Struktur einer Stichvariante.

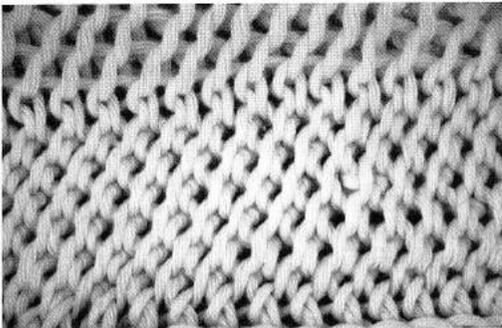


Abb. 8 Festes, dichtes Textil durch eine andere Stichvariante.

stehende Reihe ausgeführt worden ist, der zweite, der für den zuletzt ausgeführten Stich aufgenommene Schlaufenbogen, und ein neuer (der nächstfolgende) aufgenommen; dabei wird die Nadel von vorne nach hinten durch die „verformte“ Schlinge und von rechts nach links durch den neuen Schlaufenbogen geschoben. Abb. 6c zeigt drei Schlaufenreihen. Die untere Reihe ist abgeschlossen und alle Schlaufen liegen in derusterspezifischen Weise. Die mittlere Reihe ist ebenfalls abgeschlossen, aber nur die Schlaufen, die bereits mit denen der neu entstehenden dritten Runde (obere Reihe) verbunden sind, haben das stichspezifische Aussehen. Abb. 6d zeigt den genähten „Schlafmützen“-Stich. Mit dem Ausgangsstich O/UO habe ich zehn verschiedene Proben dieser Verbindungs-

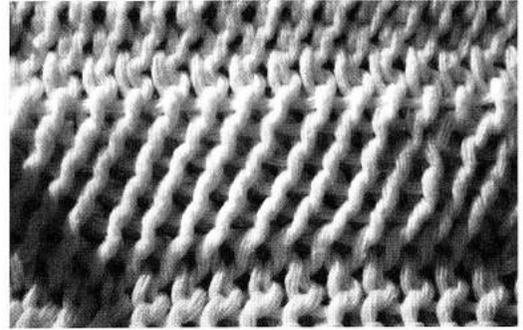


Abb. 9 Stark strukturierter, dicker, doppellagig wirkender Stoff durch eine weitere Stichvariante.

arten genäht; es sind aber viel mehr möglich. Rechnet man die vier Ausgangsstiche hoch, so erhält man mindestens 40 Stichvarianten. Diese Gruppe ergibt Stoffe für ganz unterschiedliche Gebrauchszwecke; sie reichen von losen, durchbrochenen (Abb. 7) über sehr feste, dichte (Abb. 8) bis hin zu stark strukturierten, dicken, doppellagig wirkenden Stoffen (Abb. 9).

Die zuletzt beschriebenen Verbindungsarten sind alle auch für das Nähen von links nach rechts möglich.

Ich möchte noch den Nadelbindungsfund aus der Umgebung des Ladogasees erwähnen, den Toini-Inkeri Kaukonen in „Kinnasompelun levinneisyys ja työtävät Suomessa“ beschreibt. Er ist in einer Art „Dreh“-Technik gemacht. Bei dieser Technik wird die Schlaufe, an der der Richtungswechsel (zunächst entgegen der Nährichtung, dann in Nährichtung) der Nadel erfolgt, mit der Nadel so verdreht, daß eine zentrale Schlaufe entsteht, durch die die Nadel dann gesteckt wird. Diese für den Typ V angegebene Technik läßt sich ohne weiteres auf den Typ I übertragen, was die Zeichnung, Abb. 10, und das Foto einer Probe, Abb. 11, zeigen. Die Probe habe ich von links nach rechts genäht, d.h. eine Folgereihe an die linke Kante der Vorreihe gearbeitet. Ich habe zuerst einige Reihen

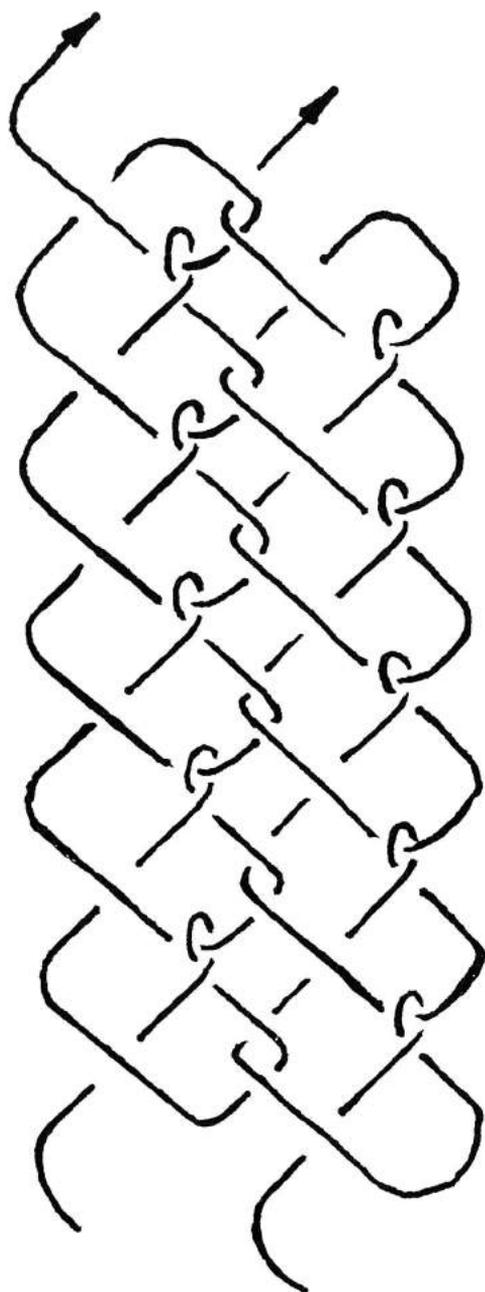


Abb. 10 „Dreh“-Technik; Stichvariante mit verdrehter zentraler Schlaufe.

im Grundmuster O/UO und in der Verbindungsart mit einem Schlaufenbogen der linken Kante genäht und dann zur „Dreh“-

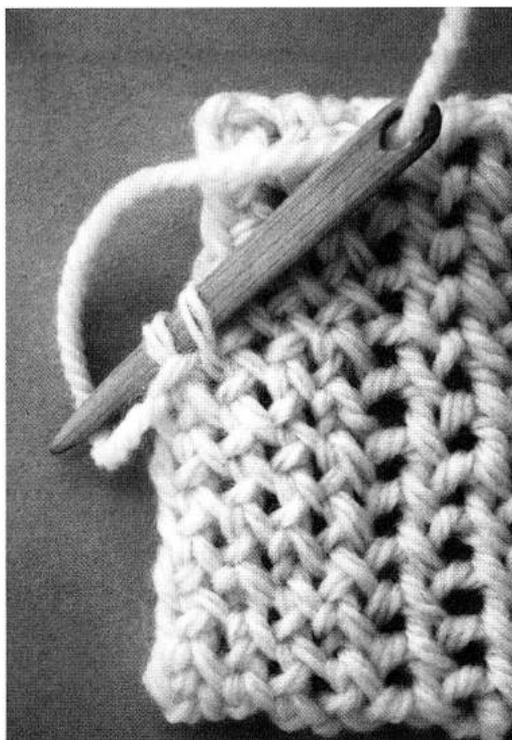


Abb. 11 rechts: Grundmuster O/UO, links: dichte Struktur der „Dreh“- Technik.

Technik gewechselt, die einen deutlich dichteren Stoff ergeben hat.

Damit ergeben sich insgesamt über 100 Stichvarianten für den Stichtyp I. Einige Varianten lassen sich nicht besonders zügig nähen (sie werden sich in der Praxis nicht behauptet haben), manche andere ergeben dieselben Muster, aber die Variationsmöglichkeiten für diesen relativ einfachen Stich sind trotzdem überraschend groß. Ebenso vielseitig sind auch die textilen Eigenschaften dieser Varianten: lose, gitterartige Stoffe ergeben ausgezeichnete Siebe und Netze, was durch zahlreiche archäologische Funde belegt ist. Dichte, anschmiegsame sind z.B. für Kleidungsstücke geeignet, die zwar warmhalten, aber nicht sehr voluminös sein sollen, und dicke, doppellagig wirkende Varianten sind be-

stens für warmhaltende, schützende Winterbekleidung geeignet. Der Nadelbindungstyp I mit seinen zahlreichen Varianten ist also gezielt für Textilien unterschiedlichster Anforderungen einsetzbar.

Literatur

- BÖTTCHER, G. 1991: Nadelbindungstechnik: Mittelalterlicher Textilfund in Müsen. Nachbildungsversuch. In: Experimentelle Archäologie Bilanz 1991. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 6, 1991.
- BÖTTCHER, G. 1996: Nadelbindung: Ein Fingerhandschuh. Experimentelle Archäologie im Museumsdorf Düppel. Berlin 1996.

- HALD, M. 1980: Ancient Danish Textiles from Bogs and Burials. Kopenhagen 1980.
- HANSEN, E. 1990: Textiles in Northern Archaeology, NESAT III. London 1990.
- KAUKONEN, T.-I. 1960: Kinnasompelun levinneisyys ja työtavat Suomessa. Suomen Museo, LXVII.

Anschrift der Verfasserin

Gudrun Böttcher
Borkumer Str. 46
D-14199 Berlin

Ein tragbarer Giesserofen aus dem Legionslager von Vindonissa

– Beschreibung, Rekonstruktion und Experiment

Martin Trachsel

Im Vindonissa-Museum in Brugg (Kt. Aargau, Schweiz) befindet sich ein kleiner Ofen aus Keramik, der zusammen mit Tiegeln, Zangen und Gussformen in einer Vitrine zum Thema „Bronzeverarbeitung“ ausgestellt ist. Als die Bronzegiessergruppe von „Experiment A (Verein für Experimentelle Archäologie)“ von der Gesellschaft Pro Vindonissa angefragt wurde, im Juni 1996 im Museumsgarten eine Vorführung römischer Bronze-gusstechnik zu machen, lag es natürlich nahe, den Ofen einmal genau anzuschauen. Am Spurenbild war rasch zu erkennen, dass in diesem kleinen, unscheinbaren Öfelchen tatsächlich die für Bronze-guss notwendige Temperatur erreicht worden war. Dennoch bestanden Zweifel, ob mit einem solch kleinen Ofen sinnvoll gearbeitet werden kann. Wir beschlossen deshalb, auf die Vorführung hin den Ofen nachzubauen und zu testen.¹

Lage und Befund

Das römische Legionslager Vindonissa befand sich nahe dem Zusammenfluss von Aare, Reuss und Limmat im heutigen Kanton Aargau und gab seinen Namen über die Zeiten hinweg an den Ort Windisch weiter, auf dessen Gemeindegebiet seine

Reste heute liegen. Bei einer Notgrabung in den Jahren 1979 und 1980 wurden auf dem ehemaligen Grundstück Dätwiler an der Dorfstrasse in Windisch verschiedene Strukturen aus römischer Zeit festgestellt (WEISS, HOLLIGER 1981). Zahlreiche Spuren von Holzgebäuden und Gruben mit Holzeinbauten sind nach den Funden in die Zeit der Belegung durch die 13. Legion (ca. 17-45 n. Chr.) zu datieren. Die 21. Legion (45-70 n. Chr.) errichtete auf demselben Areal Steinbauten, von denen noch Mauerreste dokumentiert werden konnten. Einige in Trockentechnik gemauerte, runde Schächte enthalten Material des 2. Jh. n. Chr., sind also nach Auflassung des Lagers im Jahr 101 n. Chr. angelegt worden. Innerhalb des Legionslagers befindet sich das Areal direkt westlich der Principia. Die Zweckbestimmung dieses Lagerteils ist nicht sicher festzulegen.²

In der südöstlichen Grabungsfläche wurden unregelmässige Vertiefungen festgestellt, die Abfälle von Bronzegießern enthielten. Weitere Reste von Metallverarbeitung fanden sich im südwestlichen Bereich in und über Grube 17. Nach dem Übersichtsplan enthielt die Grube einen rechteckigen Einbau aus Holz. Aus der Einfüllung der Grube kamen mindestens zwei Gusstiegel zu Tage. In einer darüberliegenden Planierschicht fanden sich Keramikfragmente nahe beieinander, aus denen beim Zusammensetzen der erwähnte kleine Ofen entstand. Er wird im Vorbericht als „Schmelzofen“ bezeichnet (WEISS, HOLLIGER 1981, Abb. 32). Der Befund ist noch nicht im Detail vorgelegt. Andere Gruben mit rechteckigen Holzeinbauten datieren in die Zeit der 13. Legion (WEISS, HOLLIGER 1981, 28-33, Grube 1-3), und beim Vergleich der Übersichtspläne scheinen die Steinbauten der 21. Legion über die Grube 17 zu ziehen (vgl. WEISS, HOLLIGER 1981, Plan 1 und

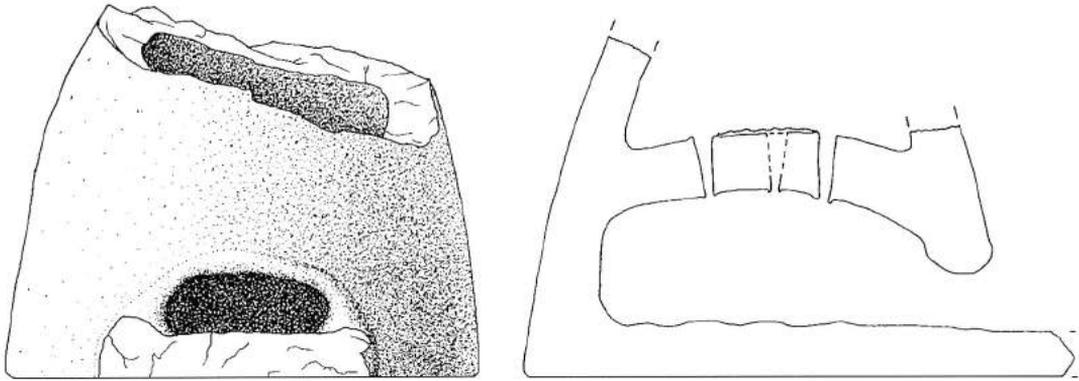


Abb. 1 Der kleine Giesserofen von Vindonissa. Ansicht und Schnitt. Maximale erhaltene Höhe: 13,5 cm. Zeichnung M. T.

Plan 2), so dass der Ofen und die Tiegel wahrscheinlich in die Zeit der 13. Legion zu datieren sind.

Der Aufbau des Ofens

Der Ofen trägt die Inv. Nr. V 79.5/401.016 und ist aus etwa 20 Fragmenten zusammengesetzt. Das Oberteil fehlt, weshalb die ursprüngliche Höhe nicht mehr bestimmt werden kann. Der Ofen besteht aus nicht besonders hart gebrannter, roter Keramik und ist dem für Ziegel verwendeten Material sehr ähnlich. Er ist nicht unsorgfältig, aber mit deutlich erkennbarem Sinn für Effizienz gearbeitet und gestaltet. Sein Aufbau wird im Folgenden von unten nach oben beschrieben (Abb. 1 und 2).

Der Boden besteht aus einer runden *Grundplatte* von ca. 18 cm Durchmesser und ca. 20 mm Stärke, über der sich eine nach oben einbiegende, noch bis 13,5 cm hoch erhaltene Kuppel erhebt. Die Wandstärke beträgt ca. 20 mm, unten etwas mehr als oben. Eine eingearbeitete *Lochplatte* teilt die Kuppel in eine obere und eine untere Kammer.

Die *untere Kammer* ist etwa 5 cm hoch und 13 cm weit. Der Boden der Kammer

ist mit nicht überarbeiteten Fingereindrücken übersät. Auf einer Seite befindet sich ein etwa 60 mm breiter und 20 mm hoher Lufteinlass, der durch das Hereinstossen von vier Fingern einer Hand in den noch weichen Ton geschaffen worden zu sein scheint. Vor dem Lufteinlass befindet sich eine teilweise abgebrochene, zungenartige Erweiterung der Grundplatte. Links und rechts ist sie mit parallel verlaufenden Wülsten versehen.

Die *Lochplatte* ist etwa 24 mm stark und deutlich gegen die Mitte hin hochgewölbt. Oben läuft eine seichte, etwa fingerbreite Rinne um den mit 15 Löchern versehenen mittleren Bereich die Wand entlang. Die Löcher sind von oben her nach unten durch den noch weichen Ton gestochen worden. Sie haben einen oberen Durchmesser von ca. 7 mm und verengen sich gegen unten stetig bis auf etwa die Hälfte. Die beim Einstechen entstanden Wülste oben rund um die Löcher wurden grob flachgestrichen, die Durchbrüche unten wurden nicht überarbeitet.

Die *obere Kammer* misst maximal 11 cm im Durchmesser und verengt sich im erhaltenen Teil gegen oben bis auf etwa 9 cm. An der am höchsten erhaltenen Stelle scheint sich die Wand wieder mehr gegen

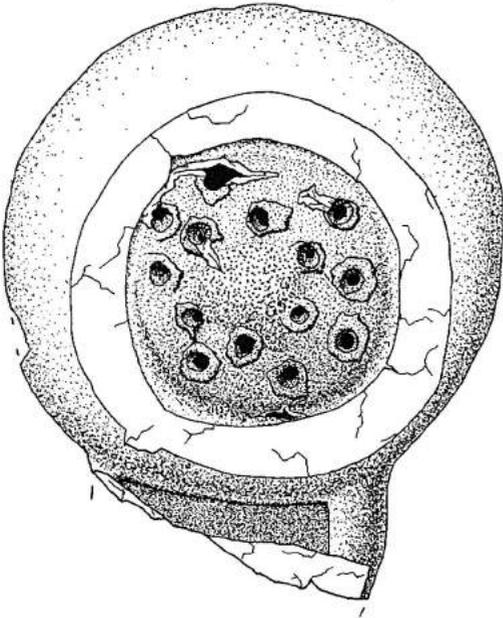


Abb. 2 Der kleine Giesserofen von Vindonissa. Aufsicht auf die Lochplatte. Durchmesser inkl. Zunge: 22 cm. Zeichnung M.T.

aussen zu biegen, doch liesse sich aufgrund der erhaltenen Partie auch eine geschlossene Kuppel rekonstruieren, eine eindeutige Entscheidung ist nicht zu treffen. Im letzteren Fall wäre eine Nutzung des Ofens für metallurgische Zwecke ausgeschlossen, doch wären dann die feststellbaren Benutzungsspuren kaum zu erklären.

Das Spurenbild am Ofen

Entscheidend für die Deutung des Objekts als Giesserofen sind neben dem Fundzusammenhang mit Giessereiresten die durch seine Benutzung entstandenen Spuren. In der unteren Kammer fehlt jede Spur von Hitzeeinwirkung oder sekundärem Brand, anders die obere Kammer. Verschiedene Bruchstellen zeigen, dass die oberste Schicht der Innenseite grau bis



Abb. 3 Oberseite der Lochplatte mit verglaster Stelle. Innendurchmesser der oberen Kammer etwa 11 cm. Foto M.T.

schwärzlich verfärbt ist, also nach dem oxydierenden Brand bei der Herstellung des Ofens einer reduzierenden Atmosphäre ausgesetzt war. Die Reduktion fand nicht gleichmässig statt. Sichtbar ist sie kreisförmig oben auf der Lochplatte bis etwa 1 cm vor dem Wandumbruch sowie an der Innenwand 1-2 cm über der Lochplatte beginnend bis zur am höchsten erhaltenen Stelle.

Anders als bei einem Keramikbrennofen diente die untere Kammer wohl nur der Luftverteilung, das Feuer befand sich in der oberen. Der Luftstrom aus dem Blasebalg wurde durch den seitlichen Einlass in die untere Kammer geführt, drängte durch die Lochplatte in die obere Kammer und brachte dort die Kohle zur Weissglut. Der beste Beweis dafür ist ein verglaster Fleck von etwa 4 cm Durchmesser oben in der Mitte der Lochplatte (Abb. 3). Hier ist ein Loch, das von unten her sichtbar ist, oben mit verglaster Keramik zugeschmolzen und nicht mehr zu erkennen. Das Verglasen oder gar Schmelzen von Keramik benötigt je nach Tonzusammensetzung unterschiedliche Temperaturen, liegt aber in den meisten Fällen über 1000 °C. Eine solche Hitze wird in einem normalen Feuer nicht, sondern nur mit gezielter Luft-

zufuhr erreicht. Sie reicht aus, um eine Anzahl von Metallen und Legierungen, z. B. wie Kupfer, Bronze, Messing, Silber, Gold usw. zu schmelzen.

Da die grösste Hitze nicht direkt auf der Lochplatte entsteht, sondern erst einige Zentimeter darüber, bezeugt die verglaste Stelle die Anwesenheit eines festen Objekts in der oberen Kammer. Durch den Aufprall des Luftstroms entsteht ein Stau, der die Hitze auch gegen die Windrichtung zurückschlagen lässt. Das verglaste Material wird wohl nicht von der Lochplatte stammen, sondern ist abgeschmolzene Keramik des eingesetzten Objekts, wahrscheinlich eines Tiegels. Denselben Schluss kann man aus der Verteilung der reduzierend gebrannten Innenflächen ziehen. Um reduzierende Wirkung zu erreichen muss die eingblasene Luft zuerst an glühender Holzkohle vorbeiströmen und einen guten Teil des Sauerstoffs in Kohlenmonoxid umsetzen. Deshalb setzt die graue Verfärbung der Innenwand erst etwas über der Lochplatte ein. Die starken Reduktionsercheinungen auf der Lochplatte selbst sind ebenfalls durch den Rückstau an einem luftundurchlässigen Objekt zu erklären.

Die Tiegel aus Grube 17

Die beiden Tiegel entsprechen dem für die römische Zeit üblichen eiförmigen Typ³ und sind zweischalig gefertigt: Eine innere, gut gearbeitete Schale aus temperaturbeständigem Ton ist mit einem äusseren, groben Mantel aus herkömmlichem Ton umgeben.

Der kleinere Tiegel ist 73 mm hoch und hatte ursprünglich einen runden, ca. 70 mm weiten Querschnitt, der sich unter hoher Temperatureinwirkung oval verzogen hat. An Bruchstellen ist der doppelschalige

Aufbau der 11-12 mm dicken Wand gut zu erkennen. Der eigentliche Tiegel besteht aus feinem, hellgrauen Ton von 3 mm Wandstärke. Die äussere Schicht misst 8-9 mm, ist dunkelgrau und porös. Ziemlich genau auf halber Höhe sitzt ein rundes Loch von 6-7 mm Durchmesser in der Wand. Dieser Ausguss wurde peinlich genau überarbeitet. Die Übergänge von Innen- und Aussenwand zum Durchlass sind abgerundet und ohne jede Kante. Von einem Schnabel aussen am Loch findet sich keine Spur. Die Unterkante des Lochs liegt 19 mm über dem Innenboden des Tiegels, der Innendurchmesser beträgt etwa 45 mm. Bei senkrechter Lagerung lassen sich höchstens 20-24 cm³ Flüssigkeit darin halten, das sind umgerechnet etwa 200 g Bronze oder Silber. Von der Höhe des Ausgusses nach oben hin nimmt die Stärke des Mantels stetig ab und keilt bis zum Rand fast vollständig aus. Der Rand des Tiegels ist zwar abgesplittert, aber rundum etwa gleich hoch erhalten, sodass nur wenige Millimeter fehlen dürften. Spuren eines aufmodellierten Deckels aus Ton sind nicht festzustellen. Innen am Tiegel haben sich exakt bis auf Ausgusshöhe Schlackenreste erhalten. Durch die Lagerung im Boden haben sie sich grünlich verfärbt, was auf eine Kupferlegierung schliessen lässt. Höher an der Innenwand hängt noch ein kleiner, heute grünlich angelaufener Metallspritzer. Seine Analyse würde Aufschluss über die Zusammensetzung des im Tiegel geschmolzenen Metalls ergeben.⁴

Ausser dem Verzug zeigt der Tiegel weitere Spuren grosser Hitze. Die Aussenseite ist blasig verglast, besonders stark in der unteren Hälfte. Er ist also von unten her der höchsten Temperatur ausgesetzt gewesen, weshalb man diesen Teil auch mit dem dicksten Mantel versehen hat. Der

Boden ist aussen auf einer Fläche von ca. 40 mm Durchmesser abgeflacht, was aber keine gewollte Formgebung zu sein scheint, sondern im vor Hitze erweichten Zustand durch Druck gegen eine Fläche entstanden ist. Der abgeflachte Boden entspricht ziemlich genau der verglasten Stelle auf der Lochplatte des Ofens. Auch von der Grösse her passt der Tiegel in den erhaltenen Teil der oberen Kammer, wobei zwischen Tiegel und Wand rundherum nur 1-2 cm Raum für Holzkohle bleibt.

Der grosse Tiegel ist ähnlich geformt und beschaffen wie der kleine. Der oberste Teil ist abgebrochen und es kann nicht entschieden werden, ob er einen Deckel besessen hat oder nicht. Er ist 11 cm hoch erhalten und besitzt einen äusseren Durchmesser von 9-10 cm. Auch er besteht aus einer feinen Innenschicht von 7 mm und einem groben Mantel von 12-13 mm Stärke, der vor allem im unteren Bereich blasig verglast und z.T. grünlich und rötlich verfärbt ist. Ein Teil des Mantels ist sogar geschmolzen und nach unten geronnen und bildet nun einen tropfenförmigen Zapfen unten am Boden des Tiegels. Aussen am Tiegel sind an einzelnen Stellen seichte, kantige Eindrücke zu erkennen, die vermutlich von einer Zange stammen, mit der der heisse, aussen erweichte Tiegel gepackt wurde. Innen am Tiegel befindet sich eine gelblichbraune, blasige Kruste, über deren Zusammensetzung ich nicht spekulieren möchte. Dieser Tiegel ist zu gross, um in den kleinen Ofen eingesetzt werden zu können. Der Tropfen geschmolzener Keramik unten am Boden zeigt, dass er beim Erhitzen frei in Holzkohle eingebettet war und weder auf einer Fläche noch einem Pfeiler stand. Er wird in einer anderen Art von Ofen erhitzt worden sein, wie sie weiter unten kurz beschrieben wird.

Quellen zur römischen Gusstechnik und Vergleichsfunde

Schriftliche Aufzeichnungen zum Metallhandwerk der römischen Epoche, besonders zum Bronzeguss, haben sich kaum erhalten. Einige wenige Angaben finden sich in dichterischen Werken und wurden von ZIMMER 1985 zusammengestellt. In den meisten Fällen sind sie als Allegorien verwendet und ihre technische Zuverlässigkeit ist fraglich, z.T. sogar falsch. Bildliche Darstellungen aus römischer Zeit, die das Giessen von Metall zeigen, sind keine bekannt. Bei dieser Quellenlage bieten die archäologischen Funde und ihre Untersuchung noch den besten Ausgangspunkt. Material gibt es zwar viel, doch ist es so gut wie nicht aufgearbeitet, da auf Forschungen zur Gusstechnik bisher wenig Gewicht gelegt wurde, soweit sie nicht Grossplastiken betreffen. Wichtige Ausnahmen: (DRESCHER 1973) und (MARTIN 1978). Ein sicheres Vergleichsstück zum Ofen von Vindonissa kenne ich bisher nicht. Die von FORRER als Teile eines Giesserofens angesprochenen Fragmente aus Strassburg (FORRER 1919, 1007-1008, Abb. 98/98a) und von der Saalburg bei Bad Homburg (JACOBI 1897, 243-244, Abb. 36, Fig. 7 und 9, dort als „Kochvorrichtungen“ bezeichnet) sind schlecht erhalten und publiziert und von einem anderen Typ. Sie entsprechen den von Abbildungen her bekannten rechteckigen Öfen, die im Zusammenhang mit dem Schmieden von Eisen oder dem Treiben von Bunt- und Edelmetall dargestellt werden.⁵

Mehr zufällig bin ich auf die Abbildung eines zylindrischen, scheidengedrehten Ofens mit Lochplatte vergleichbarer Grösse gestossen, der bei Ausgrabungen in der Casa di Livia in Rom gefunden wurde (CARETTONI 1957, 79-80, fig. 7d.). Der

knappen Bericht gibt keine Hinweise auf Metallurgie und das allfällige Spurenbild wird nicht beschrieben. Seine genaue Funktion ist nicht bestimmt. Aus Nijmegen stammt ein vollständig erhaltener kleiner Ofen mit Lochplatte (VAN ZIJLL, DE JONG 1982). Er wird von Prof. J. K. Haalebos, Universität Nijmegen, der mir freundlicherweise noch unveröffentlichte Zeichnungen zukommen liess, zur Publikation vorbereitet. Seiner Meinung nach diene dieser Ofen nicht zum Erhitzen eines Tiegels, was allein schon aus der Form geschlossen werden kann. Dass die Öfen aus der Casa di Livia in Rom, aus Nijmegen und aus Vindonissa dieselbe Funktion gehabt haben, möchte ich bezweifeln.

Ofenfragmente des 7.-6. Jh. v. Chr. aus Poggio Civitate in der Toskana wurden 1991 rekonstruiert und getestet (FORMIGLI 1993; 1997, 34-36). Neben einem stationären Schachtofen wurden auch zwei Varianten von tragbaren Öfen rekonstruiert. Beide sind kegelstumpfförmig und haben unten einen seitlichen Lufteinlass. Die erste Variante besitzt keinen Boden, dafür eine Lochplatte, die den Schacht in zwei Kammern trennt. Die zweite Variante besitzt einen Boden, dafür keine Lochplatte, ähnlich wie die Öfen, die DRESCHER aus Keramikfragmenten der hallstattzeitlichen Siedlung „Heuneburg“ bei Herberlingen-Hundersingen in Baden-Württemberg rekonstruiert hat (DRESCHER 1984, Abb. 5). Die Tests mit beiden Ofentypen verliefen allerdings wenig befriedigend (FORMIGLI 1993, 114-115).

Die Tiegel sind in römischer Zeit fast immer birnen- oder eiförmig wie die Stücke vom Areal Dätwiler in Windisch. Eine systematische Zusammenstellung fehlt bisher und kann auch hier nicht gegeben werden. Die römischen Tiegel unterscheiden sich in einigen Details, die man für

eine grobe Sortierung verwenden kann. Die meisten haben keinen Ausguss, manche einen kurzen Schnabel oben am Rand und andere einen seitlichen Ausguss in der Wand, entweder ein einfaches Loch oder einen kurzen Schnabel. Manchen Tiegeln wurde ein Deckel aus Ton aufmodelliert, anderen nicht. Den kleinen Tiegel aus Grube 17 kann man als „eiförmigen, deckellosen Tiegel mit seitlichem Ausgussloch“ bezeichnen, was ein eher seltener Typ zu sein scheint. Die besten Vergleichsstücke kenne ich aus Regensburg-Kumpfmühl (DIETZ u.a. 1979, Abb. 67).

Überlegungen zur Funktionsweise

Vor einigen Jahren wurden Versuche mit der römischen Technik zum Guss von Kleinbronzen durchgeführt, sind aber nur in knapper Form oder an abgelegener Stelle veröffentlicht worden. Philippe Andrieux (Departementsarchäologe von Val-de-Marne, Frankreich) baute im Labor eine Synthese aus einem Befund in Augst (Kt. Basel-Land, Schweiz, siehe MARTIN 1978, Abb. 20) und Angaben aus mittelalterlichen Quellen nach, wovon es einen Lehrfilm auf Video gibt. Es handelt sich um einen Schachtofen mit eingesetzter Lochplatte, der von unten her belüftet wird. Die Tiegel werden dabei auf tönernen Stützen auf die Lochplatte gestellt und mit glühender Holzkohle umgeben. W. FASNACHT, Konservator am Schweizerischen Landesmuseum in Zürich, rekonstruierte 1992 für ein Museumsfest in Augst eine stark vereinfachte Version, die ebenfalls funktionierte (FASNACHT 1995, 243-244). Der Tiegel wird ohne Stützen frei in Holzkohle eingebettet, in die von unten her mit Blasebälgen Luft zugeführt wird. Der Luftstrom erhitzt sich an der Holzkohle und

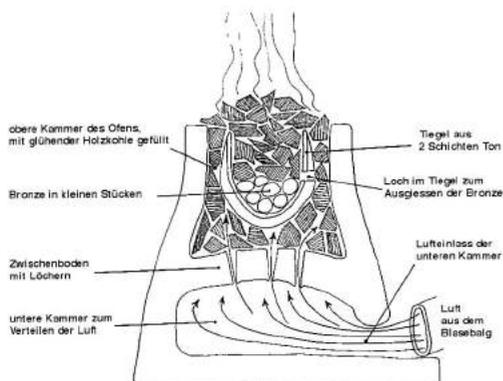


Abb. 4 Schematischer Schnitt durch den rekonstruierten Ofen von Vindonissa. Angenommene Gesamthöhe: 20 cm. Zeichnung M.T.

streicht aussen am Tiegel nach oben. Der Tiegel wird heiss und mit ihm das Metall in seinem Innern. Ist das Metall flüssig, wird der Tiegel mit Eisenzangen gepackt, aus der Kohle gehoben und in eine vorbereitete Form gegossen. Als Ofen dient dabei entweder ein aus Steinen, Ziegeln oder Ton aufgeführter Schacht, wie er in Bad Wimpfen in Baden-Württemberg freigelegt wurde (M. N. FILGIS, M. PIETSCH 1986), oder einfach eine mit Ziegeln, Steinen oder Ton ausgekleidete Grube, wie in Insula 30 von Augst (Kt. Baselland, Schweiz, MARTIN 1978, Abb. 20). Die Luft wird durch ein Rohr in den Boden der Grube oder des Schachts geführt, ohne Düse oder Lochplatte.

Eine Zwischenform dieser beiden Verfahren wurde wahrscheinlich im Ofen von Vindonissa angewendet (Abb. 4). Die obere Kammer enthält glühende Holzkohle, in die von oben her der Tiegel eingebettet wird. Der Luftstrom aus dem Blasebalg wird durch den frontalen Einlass in die untere Kammer geführt. Durch die Lochplatte gelangt der Luftstrom in die obere Kammer, drängt zwischen Tiegel und Ofenwand nach oben und bringt dabei die Holzkohle zur Weissglut. Die dabei entstehende

Wärmeenergie wird zu einem guten Teil vom Tiegel aufgenommen.

Einige Probleme waren schon vor den Versuchen abzusehen und wurden nach Möglichkeit bei der Ergänzung des fragmentierten Originals berücksichtigt. Während eine Temperatur von 1100-1200 °C an sich im Ofen problemlos erreichbar sein dürfte, ist die entstehende Menge an Wärmeenergie gering, da sich nur wenig Holzkohle im Ofen befindet. Bis der Tiegel und sein Inhalt die nötige Temperatur erreichen, dürfte deshalb einige Zeit vergehen, während der die Temperatur gehalten werden muss.

Die grösste Hitze entsteht nicht direkt auf der Lochplatte, sondern einige Zentimeter darüber, da die einströmende Luft noch kalt ist. Der Tiegel sollte deshalb nicht auf der Lochplatte stehen, sondern einige Zentimeter höher. Eindeutige Spuren von Stützen oder einem Untersatz für den Tiegel wurden nicht gefunden, die Verglasung in der Mitte der Lochplatte ist sogar ein gutes Argument dagegen, sodass angenommen werden kann, dass er von der Holzkohle in der Position gehalten wurde. Diese verbrennt innerhalb weniger Minuten und sinkt zusammen. Der Tiegel muss deshalb gelegentlich hochgezogen und neue Holzkohle nach unten geschoben werden.

Die ursprüngliche Höhe des Ofens ist nicht bekannt, für den Erfolg des Experiments aber entscheidend. Vom Schreibtisch aus gesehen muss sich die Höhe der oberen Kammer aus drei Teilen zusammensetzen:

1. Der Abstand zwischen Lochplatte und Tiegel sollte mindestens 2-3 cm betragen, damit der Boden des Tiegels nicht bloss mit kalter Luft angeblasen wird. Jeder Zentimeter mehr verlängert die Zeitabstände, in denen man den Tiegel wieder hochziehen muss.

2. Die Höhe des Tiegels beträgt 6-7 cm.
3. Einige weitere Zentimeter sind für eine Überdeckung des Tiegels mit glühender Holzkohle einzuberechnen, die als Isolation dient. Die entstehende Hitze muss im Ofen gehalten und sollte nicht einfach herausgeblasen werden. Ein dichter Deckel aus Ton andererseits würde den Luftstrom blockieren.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde die Höhe der oberen Kammer auf 12-15 cm festgelegt.

Die bei den Experimenten verwendeten Geräte

Da es bei diesem Experiment primär darum ging, die Funktionstüchtigkeit des Systems zu erproben, benutzten wir eine feuerfeste Tonmischung, die sich bereits bei früheren Versuchen bewährt hatte. In der Keramikwerkstatt der Stadt Zürich haben wir daraus drei Öfen modelliert. Der Aufbau der *Öfen* erfolgte in sechs Arbeitsschritten:

1. Zuerst wurde die Grundplatte mit Zunge angelegt.
2. Die untere Kammerwand wurde in Wulsttechnik aufgeführt. Der Lufteinlass im Bereich der Zunge wurde ausgespart und nur mit dem letzten Wulst überbrückt.
3. Die Lochplatte modellierten wir separat noch ohne Löcher und setzten sie zur Hälfte aufgebogen auf, um sie auch innen gut mit der Kammerwand verstreichen zu können. Mit Fortschreiten des Verstreichens wurde sie nach und nach heruntergeklappt. Die Wölbung erzielten wir am Ende mit einem Holzspachtel, mit dem wir durch den Lufteinlass von unten her die Plattenmitte hochdrückten.

4. Die obere Kammerwand wurde wieder in Wulsttechnik aufgeführt, wobei die Wülste nicht umlaufend, sondern nur über kurze Strecken verlegt wurden. Dahinter stand der Gedanke, dass man lieber viele kleine als wenige, aber lange Schwachstellen erzeugt.
5. Die Löcher in der Lochplatte wurden von oben her mit einem Stück Holz gebohrt und nicht weiter überarbeitet.
6. Mit nasser Hand wurde abschliessend die Aussenfläche und die Innenseite der oberen Kammer gut verstrichen.

Der Aufbau eines Ofens mit ungeübter Hand dauerte jeweils etwa 1 Stunde. Wenn der Ton die richtige Konsistenz aufweist, kann alles in einem Gang hochgezogen werden. Wegen der grossen Wandstärke sind keine Trocknungsunterbrüche notwendig. Anschliessend wurden die Öfen zwei Wochen lang getrocknet und zusammen mit künstlerisch anspruchsvolleren Arbeiten anderer Leute dem Elektroofen zum Rohbrand übergeben.

Die *Tiegel* haben wir von freier Hand einschalig aus feuerfestem Ton gefertigt. Auf den an den Originalen festgestellten äusseren Mantel haben wir vorerst verzichtet. Ziel des Experiments war es, den Ofen zu testen. Von den Tiegeln abgeschmolzenes Material könnte Teile der Lochplatte verstopfen, wie es beim Original geschehen ist. Sowohl für die Versuche wie für die geplanten Vorführungen waren wir aber an einer möglichst langen Lebensdauer der Öfen interessiert.

Die römischen Giesser haben vermutlich ein speziell für diesen Ofentyp gefertigtes *Gebälse* verwendet, das entweder direkt oder über ein einzelnes, an den Lufteinlass angepasstes, Zwischenstück abgeschlossen werden konnte. Um uns Arbeit und Kosten zu ersparen, griffen wir auf bereits vorhandene, einfache Sackgebälse



Abb. 5 Vorführung des kleinen Giesserofens im Garten des Vindonissa-Museums in Brugg im Juni 1996. (Falls Sie ihn nicht sofort erkennen sollten: Er befindet sich unterhalb der Bildmitte) Foto M.T.

zurück, wie sie auf griechischen Vasen und Reliefs dargestellt sind (ZIMMER 1990, Taf. 12; 13a. FORMIGLI 1997, Abb. 3). Es dürften auch Klappgebläse verwendet werden, die ebenfalls auf griechischen Abbildungen (ZIMMER 1990, T. 13b) oder auf den erwähnten römischen Wandmalereien in Pompeji vorkommen (NEUBURGER 1919, Abb. 96). Während der Tests und den Vorführungen im Vindonissa-Museum haben wir nur einen Blasebalg angeschlossen. Damit kann zwar nur stössweise geblasen werden, doch reicht die Luftmenge bei weitem für den Betrieb des Ofens. Mit zwei über ein Y-Rohr zusammengeführten Blasebälgen liesse sich ein kontinuierlicher Luftstrom erzeugen. Eine *Düse* als Verbindung von Ofen und Gebläse wurde auf dem Areal Dätwiler nicht gefunden. Ein für unseren Ofen zu grosses Exemplar stammt aus Augst (Kt. Baselland) und hat die Form eines Quaders (MARTIN 1978, Abb. 21). Das von uns hergestellte Stück entspringt der Phantasie. Vorne ist die Düse – passend für den Lufteinlass und die Führung auf der Zunge – flach vierkantig im Querschnitt, hinten wurde sie trichterförmig gefertigt, um nöti-

genfalls verschiedene Arten von Gebläsen anschliessen zu können. Vor den Versuchen wussten wir nicht, wie heiss der Lufteinlass des Ofens wird, weshalb wir die Düse aus Ton fertigten. Nachträglich lässt sich sagen, dass auch Holz verwendet werden könnte. Die Hitze breitet sich nur langsam durch den Ton aus und der Luftstrom sorgt für eine ständige Kühlung der unteren Kammer.

Der Betrieb des Ofens im Experiment

Nach unseren Erfahrungen bei den Tests und den Vorführungen (Abb. 5) hat sich folgende Arbeitsweise beim Einsatz des kleinen Giesserofens bewährt:

1. Einrichten einer Feuerstelle:

Der Ofen fasst nur eine geringe Menge an Holzkohle, die bereits glühend eingefüllt werden sollte, da sonst die nötige Temperatur nicht erreicht wird. In einer separaten flachen Grube wird deshalb ein Feuer angelegt, dem die für den Betrieb des Ofens nötige glühende Holzkohle entnommen werden kann. Die Feuerstelle dient zugleich dem Aufheizen der Gussformen.

2. Aufstellen des Ofens:

Der Ofen kann auf eine beliebige Oberfläche gesetzt werden, sofern sie einigermaßen eben, fest und trocken ist. Notfalls kann man den Ofen auch auf drei Steinen aufbocken, was allerdings den Anschluss des Gebläses erschwert.

3. Vorheizen:

Auch wenn der Ofen aus feuerfestem Ton besteht, erhöht sich die Lebensdauer, wenn nicht gleich mit Volldampf eingeheizt wird. Dazu legt man etwas glühende Holzkohle auf die Lochplatte und einige weitere kalte Stücke darü-

ber und lässt dann dem Ofen eine Stunde Zeit, warm zu werden.

4. Ansetzen des Gebläses:

Die Düse wird von vorne in die Führung vor dem Lufteinlass geschoben. Hinten in die Düse wird das Verbindungsrohr vom Blasebalg zur Düse eingesetzt. Die Ritzen zwischen dem Lufteinlass, der Düse und dem Rohr werden mit feuchtem Lehm abgedichtet. Diese Lösung ist nicht ideal und wurde wegen der bereits vorhandenen Blasebälge gewählt. Ein speziell auf den Ofen angepasstes Gebläse könnte direkt angesetzt werden, was die Installation vereinfachen und beschleunigen würde. Anfangs wird der Blasebalg nur ganz leicht betätigt, nach und nach aber immer kräftiger, sodass sich die Temperatur allmählich erhöht.

5. Einsetzen des Tiegels:

Der Tiegel wird mit einer Eisenzange oben am Rand gepackt und von oben her in den Ofenschacht eingesetzt. Im Ofen befinden sich 5-7 cm hoch glühende Kohlen, auf die der Tiegel gestellt wird, sodass der Tiegelrand etwa bündig mit dem Ofenrand ist. Glühende Holzkohle aus der Feuerstelle wird zwischen Tiegel und Ofenwand eingefüllt und als Überdeckung auf den Tiegel gelegt. Man merkt sich mit Vorteil, in welche Richtung das Ausgussloch weist, damit man beim späteren Manipulieren und beim Entnehmen des Tiegels zum Guss darauf Rücksicht nehmen kann.

6. Unterhalt des Ofens:

Ist der Tiegel eingesetzt, wird die Belüftung verstärkt. Ideal ist, wenn oben aus dem Schacht bläuliche Flammen herausschlagen, denn dann ist die nötige Temperatur erreicht. Die Flammen sollten aber nicht zu hoch aufsteigen,

weil die Wärmeenergie, die oben herausgeblasen wird, unten fehlt. Nach 10-15 Minuten ist die (normale Grill-) Holzkohle unter und neben dem Tiegel weitgehend ausgebrannt und muss mit neuer glühender Kohle ersetzt werden. Dazu wird der Tiegel oben mit der Zange gepackt und hochgezogen. Dabei rutscht ein guter Teil der darüberliegenden Kohlen nach unten und bildet ein neues Bett. Glühende Holzkohle aus der Feuerstelle wird zwischen Tiegel und Wand gefüllt und als Abdeckung aufgelegt. Nach weiteren 10-15 Minuten ist die Bronze in der Regel flüssig.

7. Entnahme des Tiegels:

Im Prinzip ist das ein einfacher Vorgang. Mit der Eisenzange wird der Tiegel am oberen Rand gepackt und herausgehoben. Der geringe Abstand zwischen Tiegel und Ofenwand führt aber dazu, dass sich Kohlenstücke darin verkeilen und den Tiegel blockieren können. In solchen Fällen braucht es etwas Fingerspitzengefühl, mit welchen Kipp- und Drehbewegungen der Tiegel herausgelöst werden kann. Mit einem Stab lassen sich auch besonders hartnäckige Kohlenstücke lockern. Das Problem tritt bereits beim zwischenzeitlichen Anheben des Tiegels auf, sodass sich rasch eine gewisse Routine einstellt.

8. Guss:

Die meisten Probleme entstanden nicht beim eigentlichen Test des Ofens, sondern beim Giessen selbst. Das Metall war zwar flüssig, floss beim Kippen des Tiegels aber nur selten in einem kontinuierlichen Strahl heraus. Das Metall erstarrt in einer Steinform recht schnell und ein unterbrochener Strahl führt in der Regel zu einem Kaltschweiss im Objekt, der nicht lange hält. Schuld an diesen Problemen war vor

allem die Gestaltung des Ausgusslochs im Tiegel. Die beim Einstechen entstanden Wülste am Innenrand waren von uns nicht gut genug überarbeitet worden. Auch waren die Ausgusslöcher etwas kleiner als am Original. Die Oberflächenspannung des flüssigen Metalls konnte deshalb gut angreifen und den Ausfluss behindern.⁹ Eine nachträgliche Überarbeitung der Ausgusslöcher an den bereits gebrannten Tiegeln verbesserte das Ergebnis beträchtlich. Da die Tiegel entsprechend dem Original nicht mit einem festen Deckel versehen wurden und auch keine bewegliche Abdeckung erhielten, geriet Holzkohle in sie hinein. Sie kann ebenfalls den Strahl unterbrechen. Sie stört auch, wenn man oben über den Tiegelrand zu giessen versucht.

9. Reinigung des Ofens:

Nach 4-5 Güssen beginnt sich der Zug im Ofen merklich zu verringern. Asche, kleine Kohlenstücke und andere Verunreinigungen sammeln sich auf der Lochplatte und behindern die Luftzufuhr. Bevor man einen neuen oder neu gefüllten Tiegel einsetzt, ist deshalb eine Reinigung des Ofens angesagt. Dazu entfernt man das Gebläse, fasst den Ofen mit Handschuhen, hebt ihn hoch und dreht ihn auf den Kopf. Unter sanftem Schütteln lösen sich die meisten Verunreinigungen.

10. Abbau des Ofens:

So einfach wie die Aufstellung, so einfach ist der Abbau des Ofens. Nach dem letzten Guss muss nur das Gebläse abmontiert und die Kohle aus dem Ofen gekippt werden. Spätestens nach einer halben Stunde hat sich der Ofen soweit abgekühlt, dass man zwar beim Anfassen noch warme Finger bekommt, sich aber nichts mehr daran

entzünden kann, sodass er gefahrlos weggestellt oder in eine Holzkiste verpackt werden kann.

Das Spurenbild an Öfen und Tiegeln im Experiment

Da wir für die Rekonstruktion einen besonders hitzebeständigen Ton gewählt haben, ist an Öfen und Tiegeln im Vergleich mit den Originalen eine nur geringe Verglasung festzustellen. Der originale Ofen selbst zeigt auch nur in der Mitte der Lochplatte blasig-glasig verschmolzene Keramik, bei der es sich sehr wahrscheinlich um vom Tiegel abgeschmolzenes Material handelt.

An den Fundstücken liess sich feststellen, dass in der oberen Kammer des Ofens während des Betriebs eine reduzierende Atmosphäre geherrscht hat. Dies konnten wir bereits während des Versuchsbetriebs beobachten, da die ursprünglich rot gebrannten Tiegel sich grau verfärbt hatten, als sie zum Giessen herausgenommen wurden. Die Innenseite der oberen Ofenkammer ist nach einem Giesstag auch nicht mehr rot sondern grau. Eine reduzierende Atmosphäre bedeutet, dass man keine besonderen Massnahmen treffen muss, um das zu schmelzende Metall vor Oxydation zu schützen. Wir konnten bei unseren Versuchen auch keine Schlackenbildung feststellen.

Obwohl wir eine erprobte Keramikmischung verwendet haben, bildeten sich an den Öfen, ausgehend von dem 3-4 cm über der Lochplatte liegenden Bereich, mehrere Risse. Hier treten einerseits die höchsten Temperaturen auf, andererseits liegen die kühlen Teile des Ofens am nächsten, d.h. das Temperaturgefälle ist an dieser Stelle des Ofens am grössten.

Dass beim Ofen von Vindonissa der obere Teil wenige Zentimeter über der Lochplatte abgebrochen ist, dürfte deshalb kein Zufall sein. Der Teil fehlte wohl bereits, als der Ofen in die Planierschicht eingelagert wurde. Trotz der nach wenigen Stunden auftretenden und sich langsam vergrößernden Risse hat einer der Öfen bereits 5 Giesstage mit zusammen etwa 30-35 Betriebsstunden und ebensovielen Güssen überstanden, dennoch möchte ich die Lebensdauer eines solchen Ofens eher kurz ansetzen.

Erklärungen für einige konstruktive Details

Verschiedene Kleinigkeiten der Konstruktion des Ofens waren zunächst rätselhaft. Nach den Versuchen können einige von ihnen erklärt oder zumindest versuchsweise gedeutet werden.

Die Lochplatte ist nur in der mittleren Zone durchlocht, aussen entlang der Wand läuft eine seichte Rinne um den durchlochten Bereich, obwohl noch Platz für einen weiteren Kreis von Löchern gewesen wäre. Diese zusätzlichen Löcher wären wohl einerseits eine zusätzliche Schwächung gerade im heiklen Übergangsbereich von Platte und Wand, sind andererseits aber auch unnötig. Die Hitze muss in der Mitte erzeugt werden, dort, wo der Tiegel sitzt, und nicht an der Wand, die man möglichst schonen sollte. Durch den Tiegel wird der Luftstrom sowieso gebremst und um diesen herum zwischen Tiegel und Ofenwand nach oben geführt. Letzten Endes geht es auch nicht darum, möglichst schnell eine möglichst grosse Hitze zu erzeugen, sondern darum, den Tiegel mit möglichst wenig Brennstoff auf die nötige Temperatur zu bringen und längere Zeit zu halten. Keramik ist ein schlechter Wärmeleiter, wes-

halb man sich Zeit lassen kann und muss, solange der Brennstoff teurer ist als die Arbeitszeit. Die Rinne um die Lochplatte ist weder Dekoration noch funktional, sondern entsteht einfach beim inwendigen Verstreichen der oberen Kammerwand.

Die konische, sich gegen oben erweiternde Form der Löcher hat einen einfachen Grund. Da von oben her Kohlenstücke, Keramiksplitter, Staub und Dreck hineingeraten können und die Löcher von unten her kaum zugänglich sind, erleichtert die konische Form die Reinigung. Fremdkörper können sich kaum darin verkeilen und bei unseren Versuchen war es sogar möglich, einen aus dem Tiegel geschwappten und in einem der Löcher erstarrten Gusstropfen herauszulösen, ohne die Lochplatte zu beschädigen.

Die engen Verhältnisse im Ofen erlauben es kaum, den Tiegel mit einer weiten Zange aussen zu umfassen, da man nur mit Mühe eine Backe zwischen Tiegel, Wand und Kohlen weit genug nach unten bringt, geschweige denn beide Backen auf die gegenüberliegenden Seiten des Tiegels. Einfacher ist es, mit einer spitzen Zange den Rand des Tiegels zu packen, was nur geht, wenn der Tiegel keinen festen Deckel aufweist wie das kleine Stück aus Grube 17.

Einsatzmöglichkeiten des Giesserofens von Vindonissa

Der Ofen von Vindonissa darf zwar als „Giesserofen“ angesprochen werden, doch scheint er kein besonders gebräuchliches Gerät römischer Bronzeschmiede gewesen zu sein. Abgesehen davon, dass bisher kein gut vergleichbares Stück bekannt geworden ist, weist er gegenüber dem Standardsystem verschiedene Nachteile auf.

Grundsätzlich ist er nur für kleine Arbeiten ausgelegt. Auch stellt er für den stationären Betrieb einen unnötigen Aufwand dar. Selbst ein „Wandergiesser“ würde sich an Ort und Stelle einen festen Ofen bauen. Eine mit Ziegeln verkleidete oder mit Lehm ausgestrichene Grube reicht dazu völlig aus, wie W. FASNACHT mit seinen Versuchen zeigen konnte. Eine solche Anlage ist im Gegensatz zum Ofen von Vindonissa mit weniger Aufwand herzustellen und kann repariert werden. Zudem ist sie einfacher und flexibler zu betreiben. So lassen sich in einer Grube z.B. mehrere Tiegel gleichzeitig erhitzen, was der seriellen Produktion der römischen Zeit mehr entgegenkommt.

Die Vorteile des kleinen Ofens zeigten sich nicht bei den Experimenten, sondern interessanterweise bei den Vorführungen im Garten des Vindonissa-Museums, wo recht feuchte Bedingungen herrschten. Die grösste Sorge am Morgen des zweiten Giess-tages war, ob sich die Vorheizgrube mit Regenwasser gefüllt hatte, oder nicht. Der Ofen selbst war die Nacht über unter Dach und konnte für den Betrieb unter einem Zelt aufgebockt werden. Mit einem eisernen Kohlenbecken anstelle der Vorheizgrube hätten wir uns keine Sorgen um das Wetter machen müssen. Der grosse Vorteil des Ofens besteht schlicht und einfach darin, dass sein Einsatz fast völlig unabhängig von Ort und Untergrund erfolgen kann. Er ist leicht zu transportieren und zudem innerhalb weniger Minuten aufgestellt und ebenso schnell abgebaut. Es dürfte kein Zufall sein, dass der Ofen in der *fabrica* eines Legionslagers gefunden wurde. Er gehörte wohl zur Ausrüstung eines bei der Legion beschäftigten Bronzeschmiedes, der auch im Feld und unter widrigsten Bedingungen schnell für kleine Arbeiten einsatzbereit sein musste.

Zusammenfassung

Ein kleiner, auf dem Areal Dätwiler in Windisch (Kt. Aargau) gefundener Ofen aus dem 1. Jh. n. Chr. war von den Ausgräbern aufgrund des Fundzusammenhangs als „Giesserofen“ bezeichnet worden. Das Spurenbild an diesem Stück sprach ebenfalls für eine solche Deutung. Da keine wirklich vergleichbaren Öfen bekannt sind und die vorliegenden Fragmente unterschiedlich ergänzt werden können, bestehen dennoch Zweifel an der Funktionsbestimmung. Tests mit Nachbauten sollten zeigen, ob er tatsächlich zum Giessen von Bronze geeignet ist und welche Vor- und Nachteile er gegenüber herkömmlichen, in römischer Zeit belegten Giesseröfen und -gruben aufweist. Es hat sich gezeigt, dass er durchaus zum Giessen von Bronze und anderen Legierungen mit ähnlichem Schmelzpunkt verwendet werden kann. Das dabei entstehende Spurenbild entspricht dem am originalen Ofen. Probleme bei der Handhabung und die begrenzten Möglichkeiten im Vergleich mit den sonst üblichen Giesseröfen der römischen Zeit machen seinen Einsatz aber nur dort sinnvoll, wo seine Vorteile wie Unabhängigkeit vom Untergrund und rascher Auf- und Abbau überwiegen. Dies dürfte im militärischen Zusammenhang, aus dem der Ofen stammt, durchaus der Fall gewesen sein. Offen lassen sollte man, ob deswegen für alle ähnlichen Öfen eine Verwendung im metallurgischen Bereich angenommen werden darf. Der Fundzusammenhang und die Gebrauchsspuren sollten in jedem Fall mit berücksichtigt werden.

Anmerkungen

- 1 An den Arbeiten und Tests beteiligten sich Renata Huber, Emanuela Jochum, Katharina Müller, Stefanie Osimitz, Markus Roth und Joachim Tarot, alle Mitglieder von „Experiment A (Verein für Experimentelle Archäologie)“.
- 2 HARTMANN 1986, Plan 1 und 2 zwischen S. 52 und 53 für das erste und zweite Lager der 13. Legion. Dort und bei WEISS, HOLLIGER 1981, 26, zweckbestimmt als „Kasernen“, was für die Steinbauten ab der Zeit der 21. Legion stimmen dürfte. Die wenig regelhaften Balkengräben und die zahlreichen Vorrats- und Sickergruben aus der Belegungszeit durch die 13. Legion lassen für diese Periode auch andere Deutungen zu.
- 3 WEISS, HOLLIGER 1981, Abb. 33. Vindonissa-Museum in Brugg, Kt. Aargau; Inv. Nr. V 79.5/401.14-15.
- 4 Analysen ohne konkrete Fragestellung sind oft nutzlos, weshalb diese Untersuchung im Hinblick auf eine wünschenswerte Gesamtauswertung der metallurgischen Reste dieses Platzes zurückgestellt wurde.
- 5 Z.B. auf Wandmalereien im Haus der Vettier in Pompeji, wo Eroten und Psychen bei verschiedenen Handwerken dargestellt sind, z.B. auch als Goldschmiede; abgebildet u.a. bei NEUBURGER 1919, Abb. 96. Ein ähnliches Stück ist auf der Grabstelle eines Schmieds oder Schlossers aus Aquileia abgebildet, siehe Zimmer 1982, Nr. 122.
- 6 Hinweis eines Zuschauers bei den Vorführungen im Vindonissa-Museum.

Literatur

- CARETONI, G. 1957: Roma (Palatino) – Saggi nell'interno della casa di Livia. In: Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Notizie degli scavi di antichità 1957, 72-119.
- DIETZ, K. u.a. 1979: Regensburg zur Römerzeit. Regensburg 1979.
- DRESCHER, H. 1973: Der Guss von Kleingerät, dargestellt an Funden aus provinzialrömischen Werkstätten. In: Early Medieval Studies 6, Antikvariskt arkiv 53, 1973, 48 ff.
- DRESCHER, H. 1984: Zur Metallverarbeitung auf der Heuneburg. In: Sievers, S. 1984, Kleinfunde der Heuneburg. Römisch-Germanische Forschungen 42, Mainz am Rhein 1984, 96-103.

- FASNACHT, W. 1995: 4000 Jahre Kupfer- und Bronzeguss im Experiment. In: Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 8, Oldenburg 1995, 237-246.
- FILGIS, M. N., PIETSCH, M. 1986: Römische Zeit. Fundberichte aus Baden-Württemberg 10, 1986, 532-533, Abb. 38.
- FORMIGLI, E. (Hrsg.) 1993: Antiche officine del bronzo – materiali, strumenti, tecniche. Atti del seminario di studi ed esperimenti, Murlo, 26-31 luglio 1991. Nuova Immagine Editrice. Murlo/Siena 1993.
- FORMIGLI, E. 1997: Experimentelle Archäologie in Murlo. In: Antike Welt. Zeitschrift für Archäologie und Kulturgeschichte 18, 1997, 33-48.
- FORRER, R. 1919: Römische Mühlen-, Töpferei- und Handelsbetriebe, Metallwerkstätten und Waffenfunde in Strassburg. In: Anzeiger für Elsässische Altertumskunde 10, 1919, 988-1078.
- HARTMANN, M. 1986: Vindonissa – Oppidum-Legionslager-Castrum. Windisch 1986.
- JACOBI, L. 1897: Das Römerkastell Saalburg bei Homburg vor der Höhe. Homburg vor der Höhe 1897.
- MARTIN, M. 1978: Römische Bronzegiesser in Augst BL. In: Archäologie der Schweiz 1, 1978, 3, 112-120.
- NEUBURGER, A. 1919: Die Technik des Altertums. Leipzig 1919.
- WEISS, J.; HOLLIGER, C. 1981: Windisch, Grabung Dätwiler 1979/80, Gruben und Schächte. In: Jahresbericht der Gesellschaft Pro Vindonissa 1979/80 (1981), 23-60.
- ZIJLL DE JONG, van, R. J. C. 1982: The miniature roman pottery kiln from Nijmegen (The Netherlands). In: Rivista di Archeologia 6, Venedig 1982, 106-108.
- ZIMMER, G. 1982: Römische Berufsdarstellungen. Archäologische Forschungen 12. Berlin 1982.
- ZIMMER, G. 1985: Schriftquellen zum antiken Bronzeguss. In: Born, H. (Hrsg.), Archäologische Bronzen, Antike Kunst, Moderne Technik. Berlin 1985, 38-49.
- ZIMMER, G. 1990: Griechische Bronzegusswerkstätten – Zur Technologieentwicklung eines antiken Kunsthandwerkes. Mainz am Rhein 1990.

Anschrift des Verfassers

Martin Trachsel
Universität Zürich
Abteilung für Ur- und Frühgeschichte
Karl Schmid-Strasse 4
CH-8006 Zürich

Anmerkungen zum Brennen slawischer Irdenware und zu den magernden Massezusätzen bei der slawischen und frühdeutschen Kochgefäßherstellung

Gunter und Gudrun Böttcher

Wie bereits in einem früheren Beitrag („Mögliche Brennverfahren und der Magerungsgehalt bei der Herstellung slawischer Irdenware“) in dieser Schriftenreihe dargestellt, lassen die Brennfalten der Gefäße darauf schließen, daß slawische Irdenware in direktem Kontakt zum Brennstoff gebrannt worden sein muß und daher in der Brenneinrichtung unmittelbar im Feuer gestanden hat.

Für ein derartiges Brennen bieten sich unter den mitteleuropäischen Wetterverhältnissen mit dem fast stets vorhandenen und oft Stärke und Richtung schnell wechselnden Wind alle Brenneinrichtungen von der einfachen Brenngrube bis hin zum festkonstruierten Einkammerofen an, nicht jedoch ein Mehrkammerofen.

Brenngruben sind gefunden worden (vgl. HERRMANN, Berlin 1973: Die germanischen und slawischen Siedlungen und das mittelalterliche Dorf von Tornow, Kreis Calau). Derartige Gruben können verschiedene Formen und Größen haben. Sie können auch in verschiedener Weise betrieben werden. Eine einfache Art der Brandführung ist bereits im eingangs erwähnten Artikel beschrieben. Höhere bis recht hohe Temperaturen werden dabei nur erreicht, wenn zugleich für Hitzestau und möglichst gute Luftzufuhr auch im Bereich der Grubensole sorgfältig wird. Der Hitzestau kann durch eine ständig aufrechterhaltene, evtl. mehrlagige Abdeckung des Feuers im Be-

reich oberhalb des Brenngutes mit Brennholz erfolgen. Eine solche Abdeckung kann aber auch aus einer Schicht Lehm bestehen; der Lehm wird dann vor Entzünden des Feuers naß auf eine Lage Holz oder – besser – Baumrinde (z. B. Eiche) etwa 3 bis 5 cm dick aufgestrichen, aber so, daß kein Lehmbrei auf die Töpfe tropfen kann. Diese Deckschicht kann Dach- oder Kuppelform haben und muß im Bereich der Grubenwand für Luftzutritt und Rauchabzug ausreichend große Aussparungen freilassen. Zur Abdeckung können auch gut befeuchtete Grassoden verwendet werden, wenn sie von sehr lehmigem Grund stammen (sandige Soden zerbröckeln unter Feuereinwirkung sehr schnell, und deren Stücke sinken dann in die Glut ein und verstopfen die Grube unkontrolliert und behindern das Heizen). Eine derartige Abdeckung ergibt eine Brenneinrichtung, die funktionell einem Einkammerofen entspricht (eine solche, jedoch nicht improvisierte, sondern als feste Konstruktion gebaute Überdachung läßt einen Kuppelofen entstehen). Die Luftzufuhr erfolgt im oberen Teil der Grube direkt vom oberen Randbereich her. Will man nicht nur schwach gebrannte Töpfe von der Qualität der frühen slawischen Ware erhalten, muß man für gute Luftzufuhr auch im Bereich der Grubensole sorgen; das wird – wie bereits früher ausgeführt – durch die Einrichtung besonderer Luftkanäle erreicht. Diese können sehr improvisiert und in verschiedener Weise gebaut werden, müssen aber doch so angebracht und so stabil sein, daß sie während des gesamten Brandes weder zerbrechen noch verstopfen. Auf diese Weise lassen sich hart bis sehr hart gebrannte Töpfe von der Qualität der spätslawischen Ware erzeugen.

Von HERRMANN werden a. a. O. auch recht große Gruben beschrieben, auf die eine

mehrere Meter lange graben- oder muldenförmige Eintiefung zuläuft; er deutet diese Eintiefungen als Windkanäle. Ob diese Interpretation zutrifft, erscheint fraglich, da für Windzuführungen eigentlich eine sich von der Grube weg öffnende Trichterform zu erwarten wäre, und HERRMANN selbst erwähnt für einige dieser Gruben eine Trennwand zwischen Grube und „Windzuführung“. Als Luftzuführung ist kein meterlanger Graben erforderlich, sondern ein einfacher und kurzer Luftzutritt genügt, da das Feuer selbst soviel Aufwind schafft, daß eine für eine gute Verbrennung ausreichende Luftmenge angesaugt wird. Bei den in Zentraleuropa häufig wechselnden Windrichtungen wären auch für jede Grube mehrere unterschiedlich ausgerichtete Windkanäle zur effektiven Ausnutzung des Winddruckes zweckmäßiger, als nur einer. Der Einsatz eines Windkanals würde bei stärkerem Wind auch einerseits sehr leicht Kaltluft mit stark erhöhtem Risiko von Ribildungen auf die Töpfe blasen, andererseits leicht zu partiellen Überhitzungen und Überfeuerungeffekten führen, wodurch unerwünschte zusätzliche Spannungen im Scherbengefüge entstehen würden.

Im Museumsdorf Düppel haben wir mit einem solchen Graben experimentiert. Improvisierte Feuerabdeckungen aus Lehm oder auch Grassoden neigen beim Wegbrennen der sie stützenden Brennholzfüllung zum Einbrechen in die Brenngrube. Damit der Hitzestau-effekt erhalten bleibt, ist es erforderlich, solche Bruchstellen abzustützen und mit nassem Lehm auszubessern. Derartiges ist von oben her und vom Grubenrand aus, besonders bei größeren Gruben, sehr schwierig und sehr heiß. Tritt man aber in die Eintiefung des Grabens, läßt sich sehr viel leichter von der Seite her und flacher ein langes Holz unter die Lehmschicht schieben und diese

so abgestützt reparieren. Man kann auf diese Weise auch länger hintereinander dicht am Feuer arbeiten, als von oben her, da man weniger der Hitze ausgesetzt ist. Die Länge des Grabens erlaubt, ein Langholz leichter zu hantieren und besser gezielt zu plazieren. Eine niedrige Trennwand zwischen Graben und Grube, wie sie HERRMANN beschreibt, hält zum einen die Glut besser zusammen und dient zum anderen als Auflage und Hebelpunkt für das lange Holzstück beim Anheben und Ausrichten gebrochener Grubenabdeckungsteile. An der Basis der Trennwand läßt sich außerdem sehr leicht und bequem ein zusätzliches Luftzuführungsloch zur Grubenbasis durchstechen, das jedoch gegen evtl. Winddruck abgeschirmt werden sollte.

Für Experimentatoren sei angemerkt, daß der auf die Brenngrube ausgerichtete Graben zum vorsichtigen Vorwärmen von in diesen eingesetzter Rohware oder zum Trocknen von Brennholz o. a. durch Ausnutzen der Strahlungshitze des Feuers verwendet werden kann. Setzt man an seinem Ende einen zugermöglichenden kleinen Kamin auf, läßt sich der Graben sogar als liegender Ofen nutzen, was aber entgegen dem von HERRMANN beschriebenen Befund zu einer Verziegelung auch der Grabenwände hätte führen müssen; die gefundenen Gräben sind daher zum Brennen nicht genutzt worden.

Den Slawen waren auch kleine Kuppelöfen bekannt. So schreibt z.B. Ewald SCHULDT zur Sonderausstellung „Burg und Siedlung von Groß Raden“ 1978 über die Töpfe vom Menkendorfer Typ des 9. und 10. Jhdts: „Die leicht zerbrechlichen Töpfererzeugnisse... stellte man auf einfachen Handtöpferscheiben in unterschiedlichen Größen her und brannte sie in gewöhnlichen Kuppelöfen.“ Nach der Rekonstruktion handelt es sich dabei um kleine längs-

ovale Lehmöfen, die über einer ebenen Grundfläche eine Kuppel mit einer größeren Öffnung vorne unten und einer kleinen an der hinteren Basis tragen. Irgendwelche Einbauten wurden nicht gefunden. Ob die Kuppel eine Abzugsöffnung hatte, ist nicht klar. Versuche mit einem leicht vergrößerten Ofen haben gezeigt, daß er mit guten Ergebnissen als einkammeriger Keramikbrennofen einsetzbar ist. In einem solchen Ofen kann während des Brandes Holz nachgelegt werden, wodurch sich die Temperaturhaltezeit strecken läßt, mit dem Vorteil einer besser und gleichmäßiger geglähten Keramik. Es ist sogar ein Brennen schwach gemagerter Ware möglich, wenn zunächst die Rohlinge eingesetzt und erst im Zuge der langsamen Hineinverlegung des außen vor der größeren Öffnung begonnenen Feuers das Holz an das Brenngut herangebracht wird. Versieht man den Ofen mit einer Abzugsöffnung im oberen hinteren Kuppelbereich, sind bei geschickter Brandführung auch guter Zug und Temperaturen deutlich oberhalb 1000 °C erreichbar. Zur Vermeidung einer Kaltzone im hinteren unteren Ofenbereich kann auch durch die kleine Öffnung hinten etwas geheizt werden. Existiert allerdings keine Abzugsöffnung in der Kuppel, so entsteht nur geringer Zug mit der Folge nur niedriger Brenntemperaturen unterhalb 900 °C. Besonders bei zu starker Beschickung des Ofens mit Brennholz wechseln in diesem Fall Rauchabstoß- und Luftansaugphasen pulsierend einander ab. Über Einzelheiten der Führung eines Ofenbrandes haben wir bereits früher in den Heften „Experimentelle Archäologie“ berichtet. Der kleine slawische Ofen ist zur Herstellung sowohl der frühen mäßig harten, als auch der späten, schon recht hart gebrannten slawischen Ware mit deren typischen BrennfARBspielen bestens geeignet;

ob und gegebenenfalls in welchem Umfang er tatsächlich zum Keramikbrand verwendet worden ist, ist eine Frage an die Archäologen.

Ohne eigentlichen Bezug auf slawische Keramik sei für Experimentatoren angemerkt, daß der Ofen durch Einsetzen der Ware oberhalb zugebildender Lehmbarren, Ziegel oder alter Töpfe, sehr leicht funktionell in einen stehenden Zweikammerofen oder durch Ansetzen eines Kamins an die hintere Basisöffnung bei gleichzeitigem Verschließen einer Abzugsöffnung im oberen Kuppelbereich sogar in einen liegenden Zweikammerofen verwandelt werden kann; der Ofen eignet sich daher besonders gut für Experimente mit den verschiedenen Brennofentypen.

Zusammenfassend sind wir der Ansicht, daß die schwachgebrannte slawische Keramik ganz überwiegend in einfachen Öfen, die härtere Ware aber entweder in Brenngruben gebrannt worden ist, die so entwickelt waren, daß sie funktionell bereits einkammerige Öfen waren oder aber in Einkammeröfen des Groß Radener Typs. Wie im eingangs erwähnten Beitrag bereits ebenfalls ausgeführt, ist zur Erlangung ausreichend dauerhafter Irdenwarekochtöpfe eine Massemagerung in einer erheblichen Größenordnung erforderlich. Neben den oft gut erkennbaren Sand- oder Gesteinsgruszuschlägen enthalten Fundscherben regelmäßig weitere magernde feinst- bis feinkörnige Beimengungen, die sowohl natürliche, als auch zugesetzte nichttonige Massebestandteile und nicht ohne weiteres in ihrer Zusammensetzung, wohl aber quantitativ hinreichend bestimmbar sind. Es handelt sich dabei mindestens teilweise um Mineralschluff und organisches Material, kann aber auch zugesetztes Mehl pulverisierter Topfscherben oder eigens dafür gebrannter und dann

zermörserter Ton sein; bei den in den Niederlanden gefundenen Vorläufern unserer frühdeutschen Töpfe kommt z.B. neben Getreidekaff auch Scherbengrusmagerung vor, wie wir uns im Fries. Museum in Leeuwarden überzeugen konnten. Auch in slawischen Scherben finden sich bisweilen in sich geschlossene und gut gegen die übrige Scherbenmasse abgegrenzte kleinere und größere Keramikpartikel, die ungenügend zerkleinerte Bestandteile eines Magerungszuschlags aus dem Mehl von Scherben oder besonders dafür gebrannten Tones sein können, aber nicht sein müssen. Scherbengrus und -mehlmagerungen sind sowohl für das Mittelalter, als auch bereits für die Eisen- und Bronzezeit in den verschiedensten Gebieten belegt, so daß ein entsprechendes Wissen nicht nur bei den frühdeutschen, sondern auch bei den slawischen Töpfern vorhanden gewesen sein dürfte; die bei den Slawen durchgängig praktizierte Gesteinsgrusherstellung durch Brennen und anschließendes Zerstoßen von Gesteinsbrocken ist auch von dem Zerstampfen gebrannten Tons gedanklich und praktisch nicht grundsätzlich verschieden. Bezüglich der erkennbar vorhandenen Spuren organischer Arbeitsmassenbestandteile in deutschen und in slawischen Gefäßscherben führen wir seit 1996 Versuche durch, die zwar noch nicht abgeschlossen sind, aber jetzt schon deutlich werden lassen, daß es sich dabei nicht um zufällige Nesselkaffzuschläge handelt.

Literatur

- EVISON, V. I., HODGES, H., HURST, J. G. 1974: Medieval Pottery from Excavations. London 1974.
- HERRMANN, J. 1973: Die germanischen und slawischen Siedlungen und das mittelalterliche Dorf von Tornow, Kreis Calau - Schriften zur Ur- und Frühgeschichte 26. Berlin 1973.
- LYNGAARD, F. 1972: Jydepotter & Ildgrave. Kobenhavn 1972.
- MÄMPPEL, U. 1985: Keramik. Von der Handform zum Industrieuß. Reinbek bei Hamburg 1985.
- SCHNEIDER, G. 1989: Naturwissenschaftliche Kriterien und Verfahren zur Beschreibung von Keramik. In: Acta Praehistorica et Archaeologica 21, Berlin 1989, 7 ff.
- SCHULDT, E. 1978: Burg und Siedlungen von Groß Raden - Museum für Ur- und Frühgeschichte. Schwerin 1978.
- STERN, H. 1980: Grundlagen der Technologie der Keramik. Vaduz 1980.
- TITE, M. S. 1969: Determination of the Firing Temperature of Ancient Ceramics by Measurement of Thermal Expansion. In: Nature 222 No. 5188, London 1969, 81.
- TUIJN, W. & VISSERS, P. 1966: Midden Ijzertid op het Kerkeveld, wijcen. Westerheem. Tijdschrift voor de Nederlandse archeologie XLV - IV, Amsterdam 1966, 194 ff.
- WEIB, G. 1972: Freude an Keramik. Frankfurt/M - Berlin - Wien 1972.

Anschrift der Verfasser

Gunter und Gudrun Böttcher
Borkumer Straße 46
D-14199 Berlin

„A Good Yarn!“

Archäologische und Historische Forschungen zur mittelalterlichen Tuchindustrie von Flandern

Annelies Goldmann

Am 29. und 30. November 1996 trafen sich in der nach ihrer Zerstörung im ersten Weltkrieg wiederaufgebauten historischen, imposanten Tuchhalle in Ypern in Belgien ca. 120 Interessierte verschiedener Wissensgebiete aus neun mitteleuropäischen Ländern. Anlaß des Treffens war die erste großflächige Ausgrabung des flämischen Tuchmacherzentrums Ypern, in der eine systematische Entnahme von tierischen und pflanzlichen Resten durch das (einladende) Instituut voor het Archeologisch Patrimonium IAP erfolgte.

Historiker, Archäologen und Naturwissenschaftler legten erste Ergebnisse ihrer Forschungen vor. Es zeigte sich, daß die mittelalterliche Tuchindustrie gerade durch eine fächerübergreifende Zusammenarbeit am ehesten verstanden werden kann.

Marc Dewilde und Stephan van Bellingen stellten die in Ypern ergrabenen Hinweise auf Werkstätten mit Feuerplätzen, große Gruben sowie Webgewichte, Tuchsiegel und Abfallprodukte vor. Nun kommt es darauf an, ob diese Spuren durch die stadgeschichtlichen Untersuchungen von Octaaf Mus mit bestimmten Phasen der Tuchproduktion in Einklang gebracht werden können.

Der Archäozoologe Jaap Schelvis aus Groningen in den Niederlanden entdeckte

in Ypern den ersten flämischen Rekord von Schafektoparasiten, zum Teil in Zusammenhang mit Hühnerexkrementen. Diese könnten zum Walken oder Entfetten der Wolle vor dem Färben genutzt worden sein. Jaap Schelvis beschrieb einen Versuch, durch Vergleiche der arthropoden Fauna der verschiedenen Fundplätze, die Plätze, wo Wolle verarbeitet wurde, von Plätzen zu unterscheiden, wo lebende Schafe sich aufhielten.

Der Zoologe Anton Ervynck von IAP referierte u.a. über die Frage, ob Knochenfunde von älteren, für die Fleischversorgung unbrauchbaren, Schafen einen Beweis für Wollverarbeitung darstellen können.

Einen Beitrag zur Farbbestimmung lieferte der Biochemiker Jan Wouters aus Brüssel. Nur eine Identifizierung und Quantifizierung repräsentativer Farbkomponenten an historischen und im Laboratorium geschaffenen und künstlich gealterten Beispielen ist sinnvoll. Die zur Zeit beste technische Methode ist HPLC: High Performance Liquid Chromatography. Das heißt unter anderem hohe Teilungssystemflexibilität, Mengenaufteilung durch Eingliederung auf jeder gewünschten Wellenlänge im UV-VIS Bereich von 200 bis 800 Nanometer und brauchbare Archivierungsmöglichkeiten mit dem Computer. Es ist hiermit eine volle Farbanalyse von weniger als 0,5 Milligramm Garn möglich.

Der Archäobotaniker Alan Hall von der Universität in York in England stellte unter anderem „clubmoss“ (*Diphasiastrum complanatum*) vor, gefunden in angloskandinavischen Schichten in York und wahrscheinlich im Zusammenhang mit anderen Färbepflanzen zum Beizen genutzt.

Frieda Sorber aus Antwerpen gab einen Überblick über die Praxis der Wollverarbeitung vom Vlies bis zum Tuch, wobei sie

sich auf die Regeln der Gilden und besonders auf die Verbote in den Vorschriften bezog. Wichtig waren zum Beispiel bestimmte Farben in den Kettfäden der Seitenkanten und in den Anfangs- und Endkanten der Stoffe. Für viele Qualitäten war nur Kämmen der Wolle vor dem Spinnen zugelassen. Die größte Verantwortung lag bei den Stoffausrüstern, die mit Hilfe von heißem Wasser und Fett die genau vorgeschriebenen Ausmaße der Tuche erreichen mußten.

Der Historiker Patrick Clorley von der Universität London zeigte auf Grund von kaufmännischen Aufzeichnungen, Eintragungen in Handelsregistern, Verträgen, Lagerinventarlisten und Siegelkäufen den Stellenwert von Ypern auf dem internationalen Markt und die Veränderung dieser Stellung als Folge des steigenden Wettbewerbs im 13. und 14. Jahrhundert auf. Während Ypern zunächst eine große Spannweite an Qualitäten und besonders hochwertige, farbige Kammgarne über weite Entfernungen in Europa verkaufen konnte, begann ab Mitte des 13. Jahrhunderts eine Verdrängung durch Chalons in Frankreich und später durch andere Tuchzentren in Brabant. Nach einem Versuch, sich nun auf hochwertige scharlachrote Gewebe zu spezialisieren, konnte Ypern schließlich nur noch billige Stoffe verkaufen, die teilweise in Italien überfärbt wurden. Eine zeitlich-räumliche Verbreitung der Tuche aus Ypern und die Rolle der Hanse dabei war das Thema von Simonne Abraham-Thisse von der Universität in Lille in Frankreich. An dieser Stelle, nach den beiden wirtschaftsgeschichtlichen Referaten, hätte gut ein Beitrag von Jerzy Maik aus Lodz gepaßt, der bereits 1987 in York (NESAT III, erschienen 1990) in Danzig geborgene flämische Textilien ausführlich dargestellt hat.

Nico Arts aus Eindhoven in den Niederlanden sprach über Ausgrabungsbefunde in Eindhoven und Helmond von mit Moos und Zweigen ausgefüllten Gruben, in denen möglicherweise Wollstoffe gefärbt oder gewalkt wurden. Es fehlen schriftliche Quellen, die zu entscheiden erlauben, weshalb die beiden Ansiedlungen gerade dort entstanden.

In Arras in Frankreich hat die Zusammenarbeit zwischen dem Archäologen Alain Jaques und dem Historiker Laurent Coulon Früchte getragen: Sie stellten ein durch schriftliche Quellen gut deutbares Paradebeispiel eines Privathauses mit angeschlossener Produktionsanlage zum Färben und Walken von Tuchen aus dem 13. Jahrhundert vor, die direkt am Fluß lag. Damit war das Wasser für alle Spülvorgänge leicht zugänglich.

Antoinette Rast-Eicher und Renata Windler berichteten über Webkeller aus Winthertur in der Schweiz, wo Webstühle mit pflanzlichem Material, auch schon Baumwolle, nachgewiesen wurden. Parallel zur negativen Entwicklung in Flandern ist auch hier im Spätmittelalter ein Ende der florierenden Produktion zu beobachten.

Elisabeth Wincott Heckett von der Universität in Cork in Irland zeigte Textilien aus Waterford, Cork und Dublin aus dem 13. und 14. Jahrhundert, darunter auch das typische irische „Shaggy Pile“, ein zottiger Umhang. Hier bekamen die Tagungsteilnehmer zuletzt noch einige Abbildungen von Garn und Geweben zu sehen. Das Bild der flämischen Tuchindustrie im Mittelalter wurde durch kompetente Ausführungen von Kapazitäten der Universitäten Gent, Löwen, Brüssel und Antwerpen über die naturgegebenen Voraussetzungen in der Landschaft zur Entwicklung der Schafzucht und über frühe soziale Unruhen und Revolten abgerundet.

Die Tagung war sehr gut und liebevoll von Marc Dewilde und seinem Team organisiert. Die Teilnehmer nutzten einen regen Gedankenaustausch, besonders beim Konferenzdinner und den abendlichen Empfängen. Eine Veröffentlichung der Referate ist geplant.

Anschrift der Verfasserin

Annelies Goldmann
Stiftung Stadtmuseum Berlin
Museumsdorf Düppel
Clauertstr. 11
D-14163 Berlin

Bericht der Arbeitsgruppe Chemische Arbeitsverfahren auf der Tagung der Experimentellen Archäologie im Federsee-Museum, 26./27.10.96

Dieter Todtenhaupt und Andreas Kurzweil

Auf der Tagung der Experimentellen Archäologie in Hitzacker am 14. und 15. Oktober 1995 wurde die Bildung von Arbeitsgruppen beschlossen. Wir, die Arbeitsgruppe Teerschwele im Museumsdorf Düppel, hatten es übernommen, den Kristallisationspunkt für die Arbeitsgruppe „Chemische Arbeitsverfahren“ zu bilden. Trotz unserer Bemühungen befindet sich diese Arbeitsgruppe noch im *Statu nascendi*. Deshalb geben wir am Ende des Aufsatzes noch einmal die Adressen an, unter denen Sie mit uns Kontakt aufnehmen können, wenn sie an einer Mitarbeit oder an einem Gedankenaustausch über chemische Arbeitsverfahren in der Vor- und Frühgeschichte und im Mittelalter interessiert sind; insbesondere über die Themen Holzteer und Holzpech sowie Salzgewinnung.

Eine wichtige Aufgabe der Arbeitsgruppen ist die Information über die Arbeiten, die in dem jeweiligen Arbeitsgebiet durchgeführt worden sind. In diesem Sinne soll im folgenden über Tagungen berichtet werden, in denen Themen, die zu dem Arbeitsbereich der Gruppe „Chemische Arbeitsverfahren“ gehören, behandelt wurden.

1. 30. International Symposium of Archaeometry, Urbana / Illinois USA, Mai 96

Curt W. Beck, Edith C. Stout, Jonathan Bingham, Jonathan Lucas, Vandana Purohit: Central European Pine Tar Technologies (Mittleuropäische Herstellungsverfahren für Kiefernholzteer)

Obwohl die Untersuchung einer Reihe von Funden – z.B. Auskleidung von Transport-Amphoren, Bauteilen und Tauwerk aus Schiffswracks und Kleber aus dem mediterranen Gebiet – die Verwendung von Kiefernholzteer belegen, gibt es bisher keinen Nachweis von Herstellungsanlagen für Kiefernholzteer in Südeuropa. Es gibt jedoch Hinweise darauf, daß Teer und Pech aus den walddreichen Gebieten Mitteleuropas eingeführt wurden. So waren einige in dem Porticello-Schiffswrack aufgefundene Amphoren mit Pech gefüllt.

Für Mitteleuropa sind viele Plätze, an denen Teer hergestellt wurde, belegt. Auch sind verschiedene Herstellungsverfahren nachweisbar, Hang- oder Gruben-Teermeiler (Autochthermes Verfahren), Doppeltopfverfahren und Teeröfen (Allothermes Verfahren). In einer früheren Arbeit wurde von BECK, STOUT und JÄNNE ein Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Harzsäuren und den neutralen Komponenten des Holzteers einerseits und der Herstellungstemperatur andererseits festgestellt. Dieses Ergebnis bildete die Grundlage für die Untersuchung an Holzteeren von drei verschiedenen Herstellungsorten. Untersucht wurden:

- Pechproben von einem mittelalterlichen Teerofen in Ruppertsdorf, nahe Lobenstein in Thüringen, der von Barthel 1965 ausgegraben wurde,
- schwarze Kruste an einem von Cohausen und Florschütz 1888 beschriebenen Fragment eines Gefäßes aus Schreizeheim, welches vermutlich für die Teerherstellung nach dem Doppeltopf-Verfahren

eingesetzt wurde. Eine Altersbestimmung der Scherben steht noch aus, sie könnten durchaus slawischen Ursprungs sein,

– ein hartes, zerbrechliches Stück Teersand von einer Teerofenstelle bei Alexanderdorf, Zossen, aus dem 13. Jh.

Bei allen Proben wurden die Anteile an Harzsäuren und an neutralen Komponenten mit dem GC/MS-Verfahren untersucht. Dabei kam heraus, daß die Pyrolyse-Temperaturen bei der Teerproduktion in dem Teerofen von Ruppertsdorf und in dem vermutlichen Doppeltopf von Schrezheim nur wenig über 300 °C lagen, dagegen bei dem Teerofen in Alexanderdorf bei 450 °C. Anmerkung der Arbeitsgruppe Teerschwele: Das Ergebnis ist insofern bemerkenswert, als bei unseren Versuchen mit dem Doppeltopf die Pyrolyse-Temperatur nach Überschreiten einer Temperatur von 180 °C innerhalb von 15 Minuten ohne unser Zutun auf über 400 °C steigt, wir also immer über der hier festgestellten Temperatur von 300 °C liegen.

Die Proben weisen aber auch unterschiedliche Zusammensetzungen auf. So finden sich z.B. in den Proben des Teerofens von Ruppertsdorf Alkane, aber nicht in der Kruste der Scherbe von Schrezheim und in der Probe von Alexanderdorf. Das läßt sich damit erklären, daß die Alkane aus den wächsernen Schutzüberzügen von Nadeln, Früchten und auch aus der Rinde von Kiefern und Fichten stammen. Die Füllung des Teerofens von Ruppertsdorf muß also auch diese Baubestandteile enthalten haben. Bei dem Doppeltopf-Verfahren kann man dagegen davon ausgehen, daß nur harzhaltiges Holz eingefüllt wurde.

Andere Unterschiede in den Zusammensetzungen lassen sich noch nicht erklären. Sie müssen der Gegenstand weiterer Forschungen sein.¹

2. Organic Archaeometry, Coburg International Meeting
5. - 7. 9. 1996

2.1 Jürgen Weiner: Pre- and protohistoric birch-pitch: The history of research (Birkenpech in früh- und vorgeschichtlicher Zeit in Europa. Die historische Entwicklung dieses Themas)

2.1.1 Archäologische Funde

Älteste Funde stammen aus dem Mittel-Paläolithikum, Fundort Königsau. Sie wurden von MANIA u. TÖPFER beschrieben. Ferner sind noch einige allerdings unklare Funde aus dem oberen Paläolithikum bekannt.

Dagegen bezeugen viele Funde aus dem ganzen Mesolithikum die wichtige Bedeutung von Teer und Pech. Sie können auch ein Hinweis auf die anscheinend einfache Herstellung sein.

Vom Neolithikum bis zur Römerzeit sind reichliche Funde von Teer und Pech bekannt.

2.1.2 Untersuchungen

Die erste Erwähnung stammt von Mushard 1760. Er berichtet von pechähnlichem Räucherwerk mit Zahnabdrücken.

Im 19. Jh. untersuchten verschiedene Naturforscher (u.a. BERZELIUS, HÜNEFELD, NILSON, HEINTZEL, COHAUSEN und FLORSCHÜTZ) Harzkuchen sowie Pechspuren an Feuersteineinsätzen und Tonscherben.

Ergebnis: Probematerial wird häufig als Harz oder Harzkitt, Mischung von Harz und Birkenrinde bezeichnet. Erster Hinweis, daß Birkenpech aus verschwelter Birkenrinde (DORN 1877) hergestellt wurde. Sehestedt, einer der Urväter der experimentellen Archäologie, befaßte sich eben-

falls mit der Herstellung von Pech. Er war der Ansicht, daß das Urnenharz nicht aus Birkenrinde, sondern aus Fichtenharz hergestellt wurde.

In unserem Jahrhundert wurden die Untersuchungen von verschiedenen Naturwissenschaftlern (u. a. HOFMANN, JIRA, VOGT, SANDERMANN, SAUTER, RÖTTLÄNDER, BECK, RUTHENBERG) fortgesetzt.

Die Archäologen kamen zu der Überzeugung, daß ihre Fragen durch chemische Analysen beantwortet werden können.

VOGT (1949) spricht bei den Proben aus dem Schweizer Raum von Birkenpech, obwohl es dort auch möglich gewesen wäre, natürlichen Asphalt aus dem Val de Travers Kreis Neuchâtel zu verwenden.

Durch SANDERMANN (1965) wurden die modernen Untersuchungsmethoden eingeführt:

- IR = Infrarotspektrometrie,
- GC = Gaschromatografie.

Mit Hilfe der GC wird die Probe in einzelne Komponenten aufgeteilt, dadurch kann man sie mit Referenzstoffen, die ebenso behandelt wurden, vergleichen.

GC/MS = Gaschromatografie + Massenspektrometrie (die MS erlaubt eine Zuordnung der einzelnen Komponenten zu bestimmten Verbindungen).

Mit Hilfe dieser Methoden ist es bei günstiger Funderhaltung möglich, nicht nur zu erkennen, ob es sich bei dieser Probe um Harz oder Pech handelt, sondern man kann u.U. auch die Baumart angeben.

Die Methoden wurden in der Zwischenzeit von anderen Wissenschaftlern (SAUTER, RUTHENBERG, BECK, HERON) verbessert.

Da Birkenpech aus Birkenrinde allem Anschein nach schon im Mesolithikum angewendet wurde, versuchen einige experimentelle Archäologen (CHZARNOWSKI,

NEUBAUER, SCHWÖRER) das Pech auch ohne Töpfe herzustellen – bisher noch ohne Erfolg.

Abschließend stellte Herr Weiner den Naturwissenschaftlern seinen Fragenkatalog vor:

- Kann man feststellen, ob die archäologischen Proben aus Harz, Teer, Pech oder Asphalt bzw. Bitumen bestehen?
- Kann man die verwendeten Baumarten bestimmen?
- Kann man die Teile des Baumes (Bast, Rinde, Holz, Blätter) bestimmen?
- Sind Zusätze (Öl, Fett, Blut, zerstoßene Holzkohle, Hämatit) verwendet worden?
- Kann die Art der Herstellung bestimmt werden?
- Was war der wirkliche Gebrauch des „Kaugummis“?²

2.2 Vortrag E. M. Aveling, C. Heron: Mesolithic „Mastics“: The source of natural products in the mesolithic of Northern Europe (Mesolithische Klebstoffe, das Ausgangsmaterial für die natürlichen Produkte im Mesolithikum Nordeuropas)

Untersuchungsfähige organische Materialien aus dem Mesolithikum sind selten erhalten. Beste Ergebnisse sind bei Proben aus Mooren zu erwarten, da sich unter diesen Bedingungen das Material gut erhält. Selbst dann ist die Ausbeute nicht sehr groß, da ein Teil des Materials von den Ausgräbern nicht erkannt oder mit Holzkohle verwechselt oder bei der Säuberung zerstört wird. Die Ziele der Untersuchung waren:

- eine detaillierte Untersuchung des Ausgangsmaterials für die natürlichen Produkte im Mesolithikum Nordeuropas,
- eine Verbesserung der Gewinnung und der Vorbereitung der Proben,

–Erforschung der Anwendung dieser Produkte.

So wird u.a. gefragt:

–Ob unterschiedliche Produkte für die verschiedenen Anwendungen verwendet worden sind, z.B. unterschiedliche Kleber für die verschiedenen Steinwerkzeuge?

–Ist eine Kontinuität in der Anwendung bis in das Neolithikum festzustellen?

–Sind in den verschiedenen Gegenden unterschiedliche Materialien verwendet worden?

Das englische Probenmaterial stammt von der Fundstelle Star Carr in Yorkshire, 10700 v. Chr. Die Fundstelle wurde von Graham Clark ausgegraben, u.a. flache Harzkuchen und Werkzeuge.

Da angenommen wurde, daß es sich bei den Teerresten um Birkenpech handelt, wurde zunächst Birkenpech labormäßig bei Temperaturen von 350 °C erzeugt, mit der GC/MS-Methode überprüft und die Peakmuster auf charakteristische Marker untersucht. Bei der Analyse der Star Carr-Proben zeigte sich eine gute Übereinstimmung, gleichzeitig wurden auch bei allen Proben Derivate des Zuckers festgestellt. Erhöhter Zuckergehalt in der Birkenrinde ist feststellbar, wenn die Rinde im späten April entfernt wird. Dann soll sich die Rinde auch leichter entfernen lassen. Dieser erhöhte Zuckergehalt läßt sich dann auch im Birkenpech feststellen. Man hat damit einen Indikator für die Jahreszeit, in der die Rinde abgeschält wurde.

Das kann auch ein Indiz dafür sein, daß das Lager in Star Carr immer in der warmen Jahreszeit aufgesucht wurde. Bei den Archäologen wird z.Zt. noch die Frage diskutiert, ob es sich bei diesem Lager um ein Basislager, einen Schlachtplatz oder ein Jägerlager, welches nur für kurze Zeit besucht wurde, handelt.

Die Untersuchungen der Pechreste aus Skandinavien:

–Barmose 9000 v. Chr.,

–Huseby Klev 9100 - 8600 v. Chr.,

–Segebro 7000 v. Chr.,

–Ageröd V 6800 - 6400 v. Chr. und

–Bökeberg 6500 v. Chr.

sind noch nicht abgeschlossen.

Bei den Pechresten handelt es sich um Klumpen mit Zahnabdrücken, sowie um Klumpen mit anderen Abdrücken, die darauf hindeuten, daß diese Klumpen als Dichtmaterial verwendet wurden; ferner um Werkzeuge mit Pechresten. Auch findet sich unter den Funden ein Tongefäß, das mit Teer repariert wurde.³

2.3 Andreas Kurzweil, Dieter Todtenhaupt:

The use of wood tar and wood pitch from the beginning up to nowadays (Die Verwendung von Holzteer und Holzpech von den Anfängen bis in die Gegenwart)

Bei der Beantwortung der Frage, ob in einem archäologischen Untersuchungsobjekt Peche oder Teere aus Holz vorliegen, ist die Kenntnis von historisch oder ethnologisch überlieferten Anwendungsmöglichkeiten dieser Materialien von Vorteil.

Holzteere und Holzpeche zeichnen sich durch fünf wichtige Eigenschaften aus:

–Dichtend: Holzteer und Holzpech zum Abdichten von Booten und Schiffen ist aus prähistorischer und vorgeschichtlicher Zeit belegt. Es gibt Birkenpechfunde an Birkenrindenkanus aus der Maglemose-Kultur, Hinweise auf den griechischen Schiffbau bei Atheneaus von Maukratis, 2. Jh. n. Chr., Funde von römischen Schiffen und Wikingerschiffen. Im Mittelalter verwendete man fast 90 % der erzeugten Holzteermenge für den Schiffsbau. Im 17. Jh. wurden in Finnland für die Holz-

teerproduktion ein- bis eineinhalb Millionen Bäume geschlagen.

- Schmierend: Obwohl das Rad seit 5000 Jahren bekannt ist, wissen wir wenig über die Schmierung der Achsen und Räder in der Vorzeit. Das hat zum einen seinen Grund in der Vergänglichkeit der Schmiermittel und zum anderen in der Nichtbeachtung der möglichen Spuren durch die Ausgräber. H. HAYEN berichtete von einem Achsenfund an einem Bohlen-damm aus dem 1.-3. Jh. n. Chr., an dem der Schmierstoff in Form von verhärtetem, schwarzen, teerartigen Rückstand nachweisbar war. Laut Konrad von Megenberg (1309-1374) hat Aristoteles erwähnt, daß die Fuhrleute Birkenpech zum Abschmieren der Wagen verwenden.

Eine Verbesserung der Erkenntnislage tritt erst im Mittelalter ein. Neben schriftlichen Hinweisen zeigen vor allem Bildquellen den Einsatz von Schmiermitteln. Aus Rezepten geht hervor, daß die Hauptkomponente der Schmiermittel fast immer Holzteer war. In Mitteleuropa wurden viele Teeröfen für die Produktion von Holzteer für die Wagenschmiere verwendet. Das ging soweit, daß in einigen Gegenden die Teeröfen nach dem hauptsächlichen Verwendungszweck des Holzteers benannt wurden, nämlich Schme(e)r- oder Salbeofen.

Heute wird Holzteer noch zur Schmierung der Zugseile der Cable Cars in San Francisco eingesetzt.

- Klebend: Das ist unzweifelhaft die älteste Anwendung von Holzteer und Holzpech. Aus dem Paläolithikum Syriens sind Griffe an Faustkeilen aus Pech, das in diesem Fall allerdings aus Bitumen hergestellt ist, bekannt. Eine ähnliche Technik unter der Verwendung von Holzteer oder Harzen wenden die Aborigines in Australien heute noch an. Mesolithische Funde

bezeugen die Eignung des Holzpechs als Klebstoff und Kitt für die Herstellung von Harpunen und Pfeilen. Archäologische Nachweise liegen für die Verwendung als Klebstoff bei der Reparatur von Keramik- oder Holzgefäßen und Glasperlen vor. Einmalig ist ein Fund von mittelalterlichen Schuhen, bei denen die Sohle mit einem Gemisch von Pech und Ziegelmehl (?) geklebt worden ist.

- Desinfizierend, heilend: Ärzte der Antike, wie Dioskurides, Marcellinus, Celsus und Hippokrates beschrieben verschiedene Anwendungen von Teer und teerhaltiger Präparate für die Heilung von Krankheiten und Vergiftungen. In der Veterinärmedizin werden Teerpräparate zur Huf- und Wundbehandlung bei Pferden eingesetzt.

- Brennbar: Die Brennbarkeit des Pechs wurde für Beleuchtungszwecke, z.B. für Pechfackeln, auch für die Straßenbeleuchtung (Chur) ausgenutzt.

Griechisches Pech soll gemäß einer Beschreibung aus dem 17. Jh. Bestandteil des Griechischen Feuers gewesen sein.

- Kombinationen dieser Eigenschaften: Die konservierende Wirkung des Holzteers wurde u.a. für das stehende Gut (Tauwerk) auf Segelschiffen, für den Pechdraht des Schuhmachers und zur Imprägnierung von Textilien genutzt. Neuerdings wird Holzteer in Norwegen auch wieder zur Konservierung von Stabholzkirchen verwendet.⁴

2.4 Inger Marie Egenberg: The production and use of pine tar in Norway during the Viking Age and the Middle Age (Die Produktion und die Anwendungen von Kiefernholzteer in Norwegen in der Wikingerzeit und im Mittelalter)

Norwegen ist bekannt für seine Stabkirchen. Diese Kirchen werden mit einem

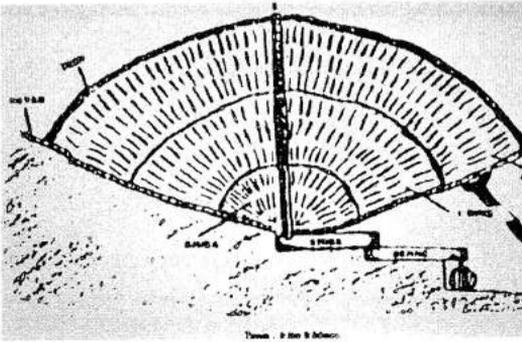


Abb. 1 Schema eines Hangmeilers.

Anstrich aus Teer geschützt, daher auch ihre Farbe. Nach Ansicht der Norweger ist diese Schutzart schon beim Bau der ersten Stabkirche ca. 1150 n. Chr. angewendet worden. Es gibt archäologische Hinweise für die Teerproduktion im 12. Jh.

Der Schutzanstrich muß lt. Gesetz aus dem 13. Jh. jeden dritten Winter erneuert werden. Wie die Praxis gezeigt hat, kann man die charakteristische Färbung der mit Teer gestrichenen Stabkirchen (West- und Südwände goldener Farbton, die anderen braunschwarz) mit modernen Anstrichen nicht erreichen. Deshalb hat das *Directorate for Cultural Heritage* vorgeschrieben, daß die Stabkirchen nur mit Kiefernholzteer, der in der traditionellen Weise, nämlich im Meiler, hergestellt wurde, gestrichen werden dürfen (Abb. 1).

Die Herstellung von Holzteer im Meiler war nach dem 2. Weltkrieg aufgegeben worden. In den letzten 10 Jahren wurde aufgrund der Forderung des Instituts für das Kulturerbe dieses Verfahren wieder belebt.

Das Herstellen der Holzstücke ist sehr zeitaufwendig. Die Stubben sollen nach dem Schlagen des Baumes noch ca. 10 bis 12 Jahre im Boden verbleiben. Sie haben dann noch Harz angesammelt, außerdem lassen sie sich nach dem Verrotten des Wurzelwerks leichter entfernen. In einigen klimatisch ungünstigen Gegenden kann das



Abb. 2 An einem Hang angelehnte Plattform für den Meiler.

auch 50 Jahre dauern, sogar 250 bis 300 Jahre alte Stubben können noch verwendet werden.

Die Stücke sind 30-40 cm lang und 4-5 cm dick.

Der Meiler wird auf einer Plattform, die an einem Hang errichtet wird, aufgebaut (Abb. 2).

Der Abfluß besteht aus einem durchbohrten Baumstamm. Das Loch ist nicht sehr groß, damit das Eindringen von Zugluft während des Schwelens vermieden wird. Durch Zug von unten werden die unteren Partien zu stark erwärmt, so daß es dann keine kühleren Zonen gibt, in denen der Teer kondensieren kann (Abb. 3).

Auf der Plattform, die mit Erde abgedeckt ist, wird eine trichterförmige Vertiefung angebracht, die mit Birkenrinde abgedeckt wird (Abb. 4).

Danach wird das Holz aufgeschichtet. Die Zentrierstange in der Mitte erleichtert den kreisförmigen Aufbau. Das Holz wird zum Schluß mit Rasensoden abgedeckt. Der fertige Meiler ähnelt einer Kugelkalotte (Abb. 5).

Der Meiler wird von außen angezündet. Mit Grassoden wird der Schwelvorgang reguliert (Abb. 6).

Der Teer fließt anfangs sehr langsam, am Ende schneller. Zu Beginn und am Ende ist er dickflüssiger. Seine Farbe wird zu-

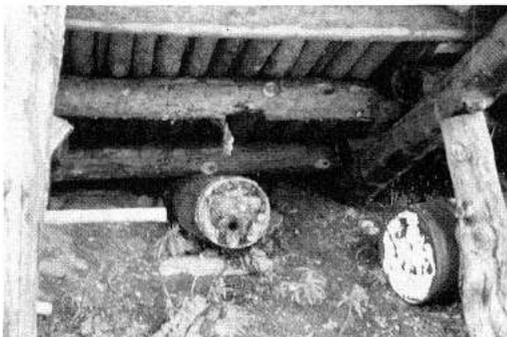


Abb. 3 Abflußöffnung.

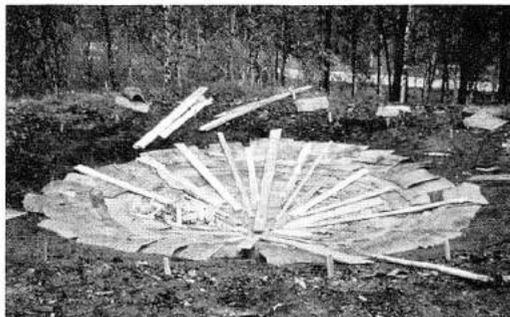


Abb. 4 Mit Birkenrinde ausgekleideter Boden des Meilers.



Abb. 5 Fertiger, mit Grassoden abgedeckter Meiler.

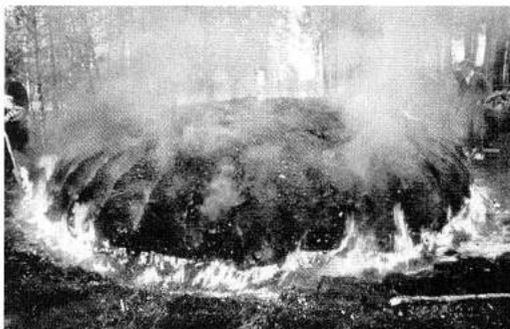


Abb. 6 Der Meiler ist angezündet.

nehmend schwärzer. Der erste Teer kommt nach 5 Stunden.

Der Meiler enthielt 32 m³ Kiefernholz, brannte 40 Stunden und erbrachte 1200 l Teer.

Die Temperatur im Meiler lag bei etwa 390 °C am Ende des Vorgangs, die Temperatur am Boden stieg nicht über 100 °C.

Teerproben, die zu verschiedenen Zeiten während des Schwelvorganges entnommen und später analysiert wurden, zeigen unterschiedliche Anteile der verschiedenen Komponenten. Die Analyse wurde mit der GC/MS-Methode durchgeführt.

Ogleich es in Norwegen eine lebendige Tradition der Teerschwelerei gibt, konnte keiner sagen, welche Teerfraktion besser für den Schutzanstrich geeignet ist. Auf jeden Fall spricht die 800jährige Anwendung für den Holzteer als Schutzanstrich.⁵

2.5 Klaus Ruthenberg, Andreas Kurzweil: Infrared fingerprints for characterization of archaeological tar and pitch (Infrarotspektren zur Charakterisierung von Pech und Teer)

In seinem Beitrag wies Klaus Ruthenberg darauf hin, daß die GC- und GC/MS-Methoden eine Fülle von Daten liefern, diese Datenfülle aber unnötig und verwirrend ist für die Beantwortung der von den Archäologen am häufigsten gestellten Fragen:

- Handelt es sich bei der Probe um ein Holzteerderivat oder ist es bituminös?
- Ist dieses Holzteerderivat auf Birke oder Nadelholz zurückzuführen?

Diese Fragen lassen sich häufig auch durch eine einfache Infrarotspektrometrie klären. Voraussetzung dabei ist allerdings, daß die zu untersuchenden Proben keine, für die

analytische Aufgabe relevante chemische oder biochemische Veränderung erfahren haben.

Es hat sich gezeigt, daß das Muster der Schwingungsbanden im Bereich von etwa 800-1400 cm^{-1} Aufschluß über die verwendete Holzart gibt.

In begrenztem Maße können auch Hinweise auf die Herstellungstechnologie gegeben werden. Die Spektren von Birkenteer, von aus diesem Teer gewonnenen Birkenpech und dem aus Birkenrinde gewonnenen Birkenpech zeigen deutliche Unterschiede.

Sofern Vergleichsmaterial zur Verfügung steht, ist das bisher die einfachste und schnellste Methode zur Identifikation von Pech und Teer durch einen Mustervergleich der IR-Spektren im Bereich von 800-1400 cm^{-1} . Es ist denkbar, daß diese Methode auch in einem gut ausgestatteten Museumslaboratorium angewendet wird. Vergleichsmaterial kann von der Arbeitsgruppe Teerschwele bezogen werden.

Die GC/MS-Analyse wird ihre herausragende Bedeutung bei der Bearbeitung von Problem- oder Sonderfällen, wie z.B. dem Nachweis der Zuckerderivate, in der Arbeit von E. M. Aveling, behalten.

2.6 Christian-Herbert Fischer: Colour reconstruction of swamp textiles by chemical analysis (Rekonstruktion der Farben von im Moor gefundenen Textilien durch chemische Analyse)

Die in den Mooren Norddeutschlands aufgefundenen – oft sehr gut erhaltenen Textilien – weisen fast ausnahmslos eine gelbbraune Moorfarbe auf. Durch die Huminsäuren ist der ursprüngliche organische Farbstoff herausgewaschen worden.

Mit Hilfe der **H**igh **P**erformance **L**iquid **C**hromatography (HPLC) in Kombination mit der UV/Vis-Spektroskopie ist es gelungen, die

ursprünglichen, nicht mehr sichtbaren organischen Farbstoffe, z.B. bei Textilien, zu analysieren.

So zeigte sich, daß eine ca. 2000 Jahre alte Hose in Damendorf, die jetzt braungelb aussieht, in der Zeit ihrer Nutzung rot war.

Auch für den Thorsberger Prachtmantel wurde im Auftrag von Inga Hägg und H. Farke vom Museum Schloß Gottorf eine derartige Analyse durchgeführt. Ergebnis: Der Mantel hatte eine rote Farbe, der Besatz an den Ärmeln (in Brettchenwebtechnik hergestellt) war purpur.⁶

3. Internationale Archäologische Konferenz im Matrica Museum, Százhalombatta / Ungarn

3.1 Dieter Todtenhaupt, Andreas Kurzweil: Teergrube oder Teermeiler?

Bei den weit über 100 Versuchen, die die Arbeitsgruppe Teerschwele im Museumsdorf Düppel mit dem Doppeltopf-Verfahren in den kegelförmigen Gruben durchführte, erwies sich immer wieder, daß die Gruben nach der Nutzung sehr stark von den archäologischen Befunden solcher für die Teerherstellung benutzten Gruben abweichen. Nachdem diese Gruben jedoch als Teermeiler betrieben wurden, zeigte sich nach mehrmaliger Nutzung eine sehr gute Übereinstimmung mit den archäologischen Befunden.

Die Versuchsergebnisse legen den Schluß nahe, daß die kegelförmigen Gruben, wenn sie bestimmte Abmessungen aufweisen, als Teermeiler für die Teerherstellung genutzt wurden (Abb. 7), – s. a. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 17.⁷

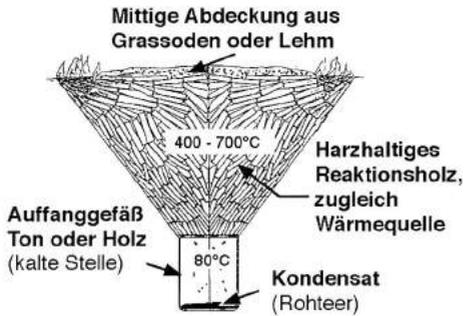


Abb. 7 Schema eines Gruben-Teermeilers.

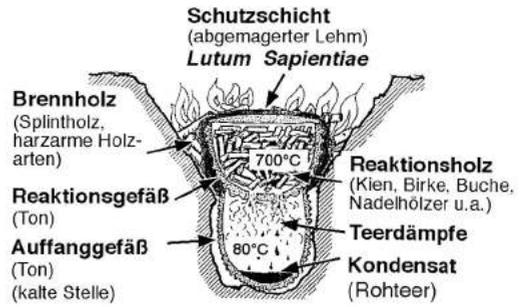


Abb. 8 Schema des Doppelpf-Verfahrens.

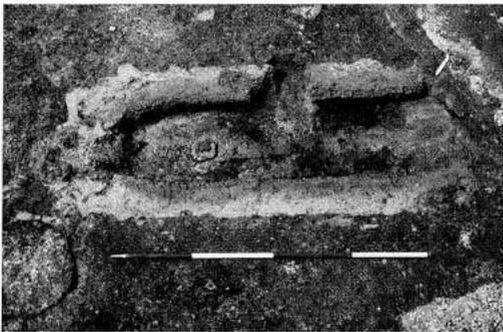


Abb. 9 Ausgegrabener latènezeitlicher Siedeofen bei Bad Nauheim.

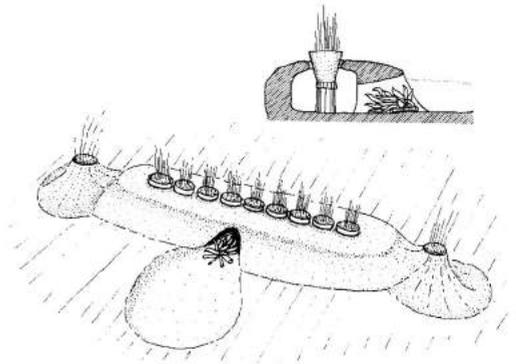


Abb. 10 Zeichnung des für die Siedeveruche benutzten Ofenmodells.

3.2 Andreas Kurzweil: Das Doppelpf-Verfahren

Das Doppelpf-Verfahren (Abb. 8), durch archäologische Funde in der Schweiz und Südfrankreich seit dem 1. Jh. belegt, war im Mittelalter das wichtigste Destillationsverfahren: *Destillatio per descensum*. Es wurde nicht nur für die Teerherstellung, sondern auch für andere Produkte, wie Schwefel, Quecksilber und Antimon eingesetzt.⁸

3.3 Uwe Vogt: Siedeveruche in latènezeitlichen Siedeöfen vom Typ Bad Nauheim

In Bad Nauheim sind die Reste einer latènezeitlichen Saline ausgegraben worden

(Abb. 9). Mit einem etwa auf die Hälfte verkleinerten Nachbau eines Siedeofens wurden Versuche zur Salzgewinnung durchgeführt. Verwendet wurde, dem archäologischen Befund entsprechend, eine vorgradierte Sole.

Bei den Öfen vom Typ Bad Nauheim wurden die leicht konischen, dickwandigen Siedegefäße so in dem liegend aufgebauten Ofen eingestellt, daß sie von oben nachgefüllt werden konnten. Der Spalt zwischen den Ofenöffnungen und dem Siedegefäß wurde mit Lehm abgedichtet. Der längliche Ofen hatte an beiden Enden je eine Zugöffnung. Geheizt wurde er von der Mitte (Abb. 10). Die Versuche erbrachten ein gutes Ergebnis.⁹

Anmerkungen

Literatur zu den einzelnen Beiträgen

- 1 BECK, C.W., STOUT, E.C., and JÄNNE, P.A. 1993: The pyrotechnology of pine tar and pitch inferred from quantitative analyses by gas chromatography - mass spectrometry and carbon-13 nuclear magnetic resonance spectroscopy. In: Proceedings of the First International Symposium of Wood Tar and Pitch, Warszawa 1997.
BRZEZIŃSKI, W., PIOTROWKI, W. 1997: Proceedings of the First International Symposium of Wood Tar and Pitch, Warszawa 1997, 181-192
- 2 MANIA, D. und TOEPFER, V. 1973: Königsau, Gliederung, Ökologie und mittelpaläolithische Funde der letzten Eiszeit. Veröffentlichungen des Landesmuseums Halle Nr. 26, Berlin 1973.
GRAMSCH, B. 1973: Ausgrabungen auf dem mesolithischen Moorfundplatz Friesack, Bezirk Potsdam. Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte Potsdam 21, 1987, 75-100.
FEUSTEL, R. 1973: Technik der Steinzeit, Archäolithikum – Mesolithikum. Weimar 1973.
DORN 1877: Birkentheer in den Schussenrieder Pfahlbauten. Korrespondenzblatt der Deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte 63, 1877.
COHAUSEN, VON und FLORSCHÜTZ 1888: Urnenharz. Festschrift der 19. Allgemeinen Versammlung der Deutschen Anthropologischen Gesellschaft, Bonn 1888, 135-147.
SANDERMANN, W. 1965: Untersuchung vorgeschichtlicher „Gräberharze“ und Kite. Technische Beiträge zur Archäologie II, 1965.
SAUTER, F. 1988: Chemie im Dienst der Archäologie, Ergebnisse chemischer Untersuchungen. Veröffentlichungen des Museums für Ur- und Frühgeschichte. Stillfried 1988.
RUTHENBERG, K. 1990: Fingerprint-Characterization of ancient tar and pitch with Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Archäometrie-Tagung Heidelberg, 1990.
CZARNOWSKI, E., NEUBAUER, D. und SCHWÖRER, P. 1990: Zur Herstellung von Birkenpech im Neolithikum. Acta Praehistorica et Archaeologica 22, Berlin 1990, 169-173.
- 3 BECK, C. W. 1995: Comments on a Supposed Clovis „Mastix“. Journal of Archaeological Sciences 22, 1995.
HERON, C., NEMCEK, N., BONFIELD, K. M., DIXON, D., OTTOWAY, B. S. 1994: The chemistry of Neolithic Beeswax. Naturwissenschaften 81, 1994, 266-269.
CLARK, J. G. D. 1954: Excavations at Star Carr. An Early Mesolithic Site at Seamer, Near Scarborough, Yorkshire. Cambridge University Press, 1954.
- 4 VOSS, R. 1986: Studien zur Technologie der Pech- und Teerherstellung, anhand der slawischen Ke-

ramik mit Teer- und Pechresten vom 7.-13. Jh. in Mecklenburg. Diplomarbeit Martin-Luther-Universität-Halle-Wittenberg, 1986.

- TODTENHAUPT, D. und KURZWEIL, A. 1991: Holzteer in der Tribologie. Acta Praehistorica et Archaeologica 23. Berlin 1991.
- 5 EGENBERG, I. M. 1993: Meilerteer. In: Proceedings of the First International Symposium of Wood Tar and Pitch, Warszawa 1997.
BRZEZIŃSKI, W., PIOTROWKI, W. 1997: Proceedings of the First International Symposium of Wood Tar and Pitch, Warszawa 1997, 141-148
 - 6 RUTHENBERG, K., KURZWEIL, A. 1994: Infrarotspektren zur Charakterisierung von Pech und Teer. Chemie in Labor und Biotechnik 45, 1994, 4-7.
 - 7 TODTENHAUPT, D. und KURZWEIL, A. 1996: Teergrube oder Teermeiler. Experimentelle Archäologie in Deutschland, Beiheft 18, 1996.
 - 8 KURZWEIL, A. und TODTENHAUPT, D. 1990: Das Doppeltopf-Verfahren – Eine rekonstruierte mittelalterliche Methode der Holzteergewinnung. Experimentelle Archäologie in Deutschland, Beiheft 4, 1990.
 - 9 MESCH, H. 1990: Die Werler Briquetage und seine experimentelle Erprobung im Archäologischen Freilichtmuseum Oerlinghausen. Experimentelle Archäologie in Deutschland, Beiheft 4, 1990.

Bildnachweise

Abb. 1 bis Abb. 6: Inger Marie Egenberg,
Abb. 7 und Abb. 8: Arbeitsgruppe Teerschwele im Museumsdorf Düppel,
Abb. 9 und Abb. 10: Uwe Vogt.

Die hier bei den einzelnen Berichten angegebenen Literaturhinweise konnten allein schon aus Platzgründen nicht vollständig sein. Für ausführlichere Angaben sowie Adressen der hier erwähnten Vortragenden, für Fragen und Anregungen verweisen wir noch einmal auf die angegebenen Kontaktadressen.

Arbeitsgruppe Teerschwele
im Museumsdorf Düppel
Clauertstr.11
D-14163 Berlin
Tel.: 030 802 66 71
Fax: 030 802 66 99

Anschrift der Verfasser

Andreas Kurzweil
Glienicker Straße 68
D-14109 Berlin

Dieter Todtenhaupt
Hohenzollerndamm 24
D-10717 Berlin

ISBN 3-89598-508-2