

EXPERIMENTELLE ARCHÄOLOGIE
IN EUROPA
BILANZ 2010

ISENSEE VERLAG
OLDENBURG

INHALT

<i>Gunter Schöbel</i> Vorwort	7
<i>Ulrike Weller</i> Quo vadis Experimentelle Archäologie?	9
<i>Michael Herdick</i> Das Labor für Experimentelle Archäologie in Mayen (Lkr. Mayen-Koblenz)	15
<i>Ullrich Brand-Schwarz</i> „Living History“ als Beitrag zur musealen Vermittlung – Möglichkeiten, Grenzen und Risiken	23
<i>Andreas Willmy</i> Experimentelle Archäologie und Living History – ein schwieriges Verhältnis? Gedanken aus der Sicht eines Archäologen und Darstellers ¹	27
<i>Tinaig Clodoré-Tissot</i> Archeo-Music The reconstruction of Prehistoric musical instruments: hypothesis and conclusions in experimental music-archaeology	31
<i>Wulf Hein, Kurt Wehrberger</i> Löwenmensch 2.0 Nachbildung der Elfenbeinstatueette aus der Hohlestein-Stadel-Höhle mit authentischen Werkzeugen	47
<i>Leif Steguweit</i> Experimente zum Weichmachen von Elfenbein	55
<i>Friedrich W. Könecke, Jean-Loup Ringot</i> Ovalbohrung neolithischer Steinäxte	65

<i>Peter Walter</i> Bohren im Museum Forschungsgeschichte, Didaktik, Mathetik	71
<i>Gunter Schöbel</i> Das Hornstaadhaus – Ein archäologisches Langzeitexperiment 1996?	85
<i>Holger Junker</i> Autsch! Prähistorische Tätowiertechniken im Experiment	105
<i>Walter Fasnacht</i> 20 Jahre Experimente in der Bronzetechnologie – eine Standortbestimmung	117
<i>Daniel Modl</i> Zur Herstellung und Zerkleinerung von plankonvexen Gusskuchen in der spätbronzezeitlichen Steiermark, Österreich	127
<i>Thomas Lessig-Weller</i> Versuche zur Simulation von Pfeilbeschüssen – erste Ergebnisse	153
<i>Tine Gam Aschenbrenner</i> Glasperlenherstellung in Südsandinavien ... oder: Notruf aus der Feuerstelle ...	163
<i>Ulrich Mehler</i> Das Nibelungenlied in Wissenschaft und Praxis 20 Jahre experimentelle Geschichte, Living History oder Klamauk?	173
<i>Ulrike Weller</i> Vereinsbericht der Europäischen Vereinigung zur Förderung der Experimentellen Archäologie (exar) für das Jahr 2009	179

Experimente zum Weichmachen von Elfenbein

Leif Steguweit

Einführung

Bei jungpaläolithischen Elfenbeinobjekten der Schwäbischen Alb werden seit Jahrzehnten die facettenartig zugeschnitzten wirkenden Oberflächen diskutiert, zum Beispiel auf gravettienzeitlichen Perlen vom Geißenklösterle (HAHN et al. 1995, 35). In Anbetracht der Härte von Elfenbein ist es aber unmöglich, dieses ohne effektives Aufweichen derartig zu schnitzen. Die Oberflächen der meisten figürlichen Kunstwerke aus dem Geißenklösterle und der Vogelherdhöhle sind folgerichtig auch sehr regelmäßig gerundet und glatt, mussten sie doch mühsam Millimeter für Millimeter mit Klingen, Stacheln abgehobelt und mit Sandsteinen glatt geschliffen werden (HAHN 1986; 1988). Experimentelle Kopien dieser Kunstwerke belegen den hohen Arbeitsaufwand beim Spanen und Schleifen: J. HAHN (1986) gibt für die Replik des Pferdchens vom Vogelherd 40 Stunden an, W. HEIN (2007; 2008) für dasselbe Objekt 35 Stunden. Für die wesentlich größere Elfenbeinreplik des Löwenmenschen vom Hohlenstein-Stadel benötigte er sogar über 300 Stunden (HEIN, in diesem Band). Während die Kopie des Löwenmenschen glatte und gerundete Oberflächen aufweist, ist am stark verwitterten Original (WEHRBERGER 2008) nicht belegbar, ob es kantige Schnitzfacetten gab oder dieser Eindruck heute als Ergebnis der zerklüfteten Zahnlamellen entsteht. Facettenartig geschnitzte wirkende Details sind hingegen auch bei drei der spektakulären Neufunde vom Hohlen Fels zu sehen, die ins Aurignacien datieren



Abb. 1: *Pferdekopf aus Elfenbein, Hohler Fels.*



Abb. 2: *Wasservogel aus Elfenbein, Hohler Fels.*

und mit etwa 35 000 Jahren zu den ältesten figürlichen Kunstwerken der Menschheit gehören. Es handelt sich um einen 1999 gefundenen und 3,6 cm großen Pferdchens (Abb. 1), einen 4,7 cm großen Wasservogel (2001-02 in zwei Teilen gefunden, Abb. 2) sowie die spektakuläre Venus vom Hohlen Fels, die 2008 gefunden wurde und 5,7 cm groß ist (CONARD 2003; 2009a,b). Auch die rillenförmig über die Oberfläche der Venus verteilten Zierkerben deuten darauf hin, dass diese mit wenigen Schnitten eines scharfkantigen Werkzeugs erzeugt worden sind (Abb. 3). Dies ist jedoch nur bei einer aufgeweichten Oberfläche möglich, bei einem unmodifizierten Stück Elfenbein hingegen nicht. Ebenfalls wie in Holz geschnitzt – weil wahrscheinlich aufgeweicht – wirken Elfenbeinobjekte des mährischen Pavlovien, so die oberflächigen Gravuren

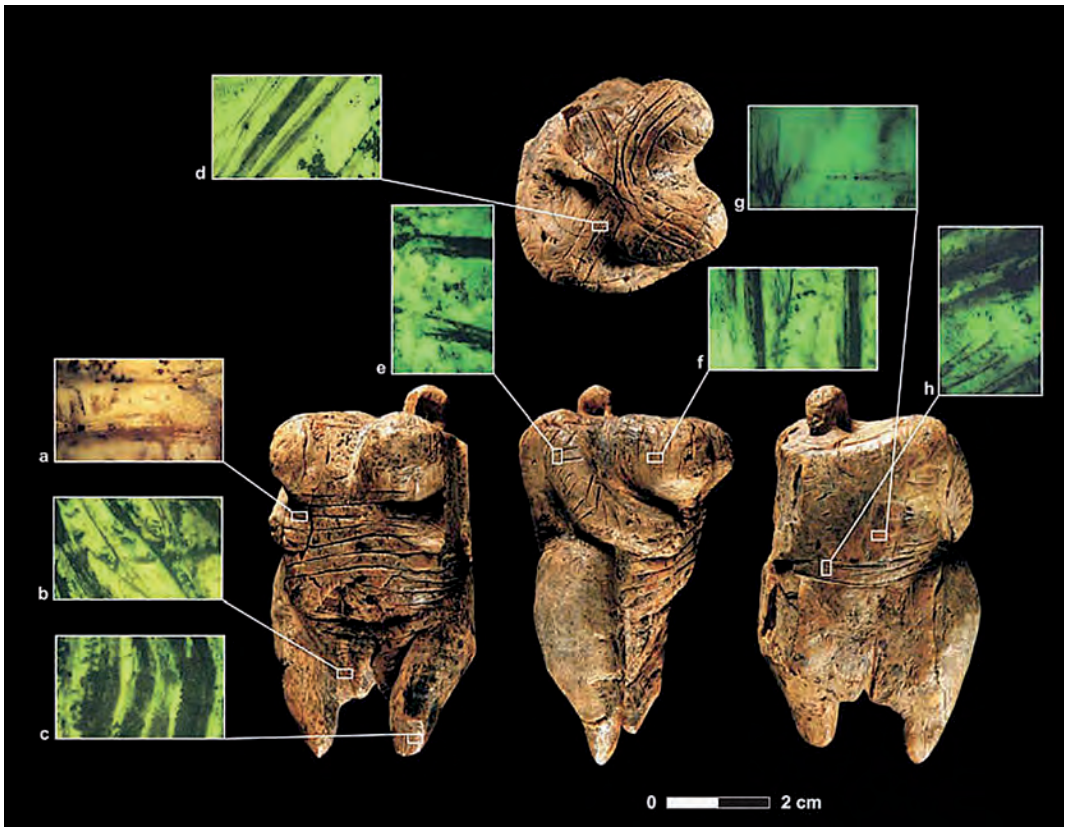


Abb. 3: Venus vom Hohlen Fels.

auf den Stoßzähnen von Předmostí (OLIVA 2008, 64/ fig. 4) und Pavlov (KLÍMA 1987, 40), die Maske von Dolní Věstonice (OLIVA 2008, 67/ fig. 8) oder der „Elfenbeinpickel“ aus Předmostí (OLIVA 2008, 73/ fig. 14).

Die Erfahrung der enormen Härte von frischem Elefantenbein gegenüber mechanischer Bearbeitung habe ich in den letzten Jahren in mehreren Workshops mit Studenten ausprobiert. Hier konnte ich auf Elefantenstoßzähne zurückgreifen, die ich zu Versuchszwecken dankenswerterweise von den Zollämtern in Frankfurt/ M. und München zur Verfügung gestellt bekam. Schiere Verzweiflung der Probanden machte sich zum Beispiel beim Versuch breit, einen frischen Stoßzahn entsprechend der vom Jungpaläolithikum überlie-

feren Ringkerbtechnik (STEGUWEIT 2005) mit Steinwerkzeugen anzukerben. Den besten Erfolg beim Abheben winziger Späne bieten Stichel aus Silex, die im Aurignacien als Werkzeug sehr häufig gefunden werden und zum Teil typische Gebrauchsspuren der Bearbeitung von Elfenbein aufweisen (STEGUWEIT 2003, 81-83). Der dennoch nur minimale Vortrieb von etwa 5 mm Kerbe in etwa acht Arbeitsstunden warf ebenfalls die Vermutung von Tricks zur Einweichung von Mammutelfenbein auf, die bei Stücken mit Ringkerben schon im Aurignacien bekannt gewesen sein müssen (STEGUWEIT 2005). Die haptische Erfahrung der Härte von Elfenbein führt zwangsläufig zur Frage, wie die geschnitzten wirkenden Facetten auf den Originalen entstanden sein können.

Literaturrecherchen zum Einweichen von Elfenbein

Elfenbein besteht zu 55-60% aus Calciumphosphat, die übrigen chemischen Bestandteile sind Kalk, mineralische Bestandteile und Knorpel. Die Mohs'sche Härte reicht von 2,75 bis 4,25. Die äußerste Schicht des Stoßzahns sowie die tütenförmigen Wachstumsschübe enthalten Zahnschmelz. Dieser besteht zu etwa 70% aus Calcium-Hydroxylapatit und ist mit einer Mohs'schen Ritzhärte von 5 das härteste Material, das Lebewesen produzieren (LEHMANN 1996, 213). Zur Spitze des Stoßzahns hin ist die Härte am größten. Über die praktische „Wiederentdeckung“, diesen harten Werkstoff weich und dem Schnitzer gefügig zu machen, soll im zweiten Teil des Artikels berichtet werden. Zuvor ist jedoch ein Blick in die Literatur von Interesse, um etwaige Quellen zu diesem über viele Jahrhunderte gut gehüteten Geheimnis der Elfenbeinkünstler aufzuspüren. Die Unergiebigkeit der Suche nach schriftlichen Rezepten ist verblüffend und gilt sowohl für verfügbare Arbeiten zu China und Japan, wo die Schnitzkunst in Elfenbein bis heute tradiert wird, als auch für europäische Kunstwerke bis ins Barock. Bereits der „Liber illuministarum“, eine um 1500 von Benediktinermönchen am Tegernsee erstellte Sammelhandschrift der damals bekannten Kunst- und Werktechniken, hatte zu diesem Thema nur verschiedene Mutmaßungen zu bieten (BARTL et al. 2005): das Einweichen in einer abgekochten Salz-Essig-Mischung (S. 253), sechsstündiges Kochen mit der Rinde oder Wurzel der Alraune (S. 295) bzw. das Kochen in starkem Wein (S. 303). Hier sollte hinzugefügt werden, dass im alchemistischen Verständnis des Spätmittelalters aus rein theoretischen Überlegungen der „saure“ Wein das „süße“ Elfenbein erweichen könne und müsse (S. 675), es sich also nicht um die Wiedergabe experimenteller Beobachtungen handelt. Entsprechend negativ würden Materialver-

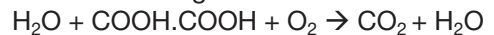
suche mit diesen Flüssigkeiten verlaufen, die man sich wohl aber sparen kann. Zweifellos hatte auch die Elfenbeinschnitzerei des Barock – mit ihrer Blüte in Frankreich – ein geheimes Wissen über die Manipulation des Materials, das im Industriezeitalter vollständig verloren gegangen ist (PELKA 1923). Im 19. Jahrhundert geht ein Nachschlagewerk nicht über den Allgemeinplatz hinaus, dass Elfenbein aus „phosphorsaurem Kalk“ bestehe und sich mit „gewissen Säuren“ aufweichen lasse (KOPEZKY 1851, 357). Interessante Produkte dieser Zeit waren medizinische Katheter aus Elfenbein, die von wenigen Firmen mittels Salz- oder Salpetersäure „dekalziniert“, das heißt geschmeidiger gemacht und vertrieben wurden (MEYER 1856, 437). Besonders über elastische Veränderungen von Elfenbein – die bereits von antiken Autoren beschrieben wurden – ist das Wissen leider verloren gegangen, konstatiert auch Rainer Bücking, Inhaber einer seit dem 19. Jahrhundert bestehenden Kammfabrik (BÜCKING 2008, 95). Firma Bücking war vor dem Siegeszug der Kunststoffe auf die Herstellung von Kämmen und Klaviertasten aus afrikanischem Elfenbein spezialisiert, die ohne chemische Manipulationen maschinell gesägt wurden. Auch andere Produkte des frühen Industriezeitalters (z. B. Billardkugeln) wurden aus dem unmodifizierten frischen Zahn hergestellt, so dass Traditionen chemischer Bearbeitung auch in solch spezialisierten Betrieben obsolet und vergessen wurden. Daher heißt es in einem deutschsprachigen Standardwerk, Elfenbein könne, abgesehen von hauchdünnem Furnier, nicht umgeformt werden (BARGEN 1994, 52). Das stimmt insofern, als es nur mit einer vorherigen chemischen Veränderung funktioniert und das Wissen darüber leider nicht überliefert worden ist. Archäologisch inspirierte Experimente zum Aufweichen von Elfenbein gab es seit den 1980er-Jahren am Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Tübingen, die von Joachim Hahn im Zuge der Beschäfti-

gung mit der Aurignacienkunst der Schwäbischen Alb ausgingen (HAHN 1986; HAHN et al. 1995). Diese Versuche wurden im *Trial and Error*-Prinzip durchgeführt, indem das ausprobiert wurde, was aus der Literatur bzw. vom Hörensagen überliefert war. Hahn und seine Mitstreiter (HAHN et al. 1995, 33-35) geben an, dass beim Einweichen in Wasser erst 5-6-tägiges Wässern die Schnitzzfähigkeit von modernem Elefantenbein deutlich verbessere, während fossiles Mammutbein sich bereits nach 10 Stunden Einweichen gut schnitzen ließe. Kochen in heißem Wasser füge dem Elfenbein hingegen irreparable Schäden zu (HAHN et al. 1995, 34). Den optimistischen Angaben zum Wässern widerspricht Alfred Pawlik, der zu Recht anmerkt, dass er nicht den Eindruck habe, „als ob das zweiwöchige Wässern Vorteile gebracht hätte“ (PAWLIK 1992, 55). Diesen Eindruck kann ich bestätigen: Wässern bringt lediglich einen gefühlten Vorteil beim Spanabheben mit Feuersteinwerkzeugen und vielleicht eine Schonung der Klingen- bzw. Stichelkanten. Die Späne lösen sich kompakter und das trockene Kratzen auf der harten Zahnoberfläche wird reduziert. Der positive Effekt einer nassen Oberfläche ähnelt der Verwendung von Bohrmilch bei modernen spanabhebenden Verfahren. Von einer chemischen Veränderung des Elfenbeins durch Wässern kann jedoch keine Rede sein, was aus Sicht von Mammuten, Elefanten und Walrossen sicher positiv zu bewerten ist.

Ein zweiter Trugschluss besteht in der chemischen Gleichsetzung von Geweih und Elfenbein. Auch wenn Geweih ebenfalls aus Calciumphosphat und eingelagertem Hydroxylapatit besteht, ist die Struktur eine völlig andere. Lösungsmittel zum Weichen für Geweih, wie ethnographisch überlieferte Holzaschelösungen oder Urin, wurden – hier erfolglos – auch bei Elfenbein probiert (PAWLIK 1992, 55-57). Von „Buttermilch, Magensaft, Faulwasser u. ä.“ (FIEDLER 1989, 194) kann sicherlich aus demselben Grunde – einer Verwechslung

mit dem Weichmachen von Geweih – als wirkungsvollen chemischen Substanzen abgesehen werden.

De facto gab es bis in die 1990er-Jahre keine deutschsprachige Quelle, die einen praktikablen Ansatz zur verbesserten Schnitzzfähigkeit von Elfenbein geliefert hätte. Unbemerkt von der archäologischen Scientific Community meldete jedoch Herr Radovan Zrno, ein Tscheche, am 31.7.2001 in München ein Patent zum „Weichmachen von Elfenbein und organischer Masse mit Calciumgehalt mittels Oxalsäure (COOH * COOH)“ an, das im Jahre 2002 veröffentlicht wurde (ZRNO 2002). Das Patent (unter der angegebenen Quelle im Internet einsehbar) beschreibt ein Verfahren zum Weichmachen von Knochen, Meeresmuscheln, Horn und Elfenbein. R. Zrno empfiehlt dazu 14-tägiges Wässern in einer etwa 10%igen Oxalsäurelösung bei einer Temperatur von 40°. Die Wassertemperatur dürfe 40° C nicht übersteigen und die Reaktion müsse in einem geschlossenen, lichtundurchlässigen Gefäß verlaufen. Oxalsäure, in der Summenformel C₂H₂O₄, wird von ihm mit COOH.COOH dargestellt und es wird von ihm auf die Gefahr der unerwünschten Veränderung zu Wasser und Kohlendioxid verwiesen, sofern kein Luftabschluss erfolge:



R. Zrno beschreibt den chemischen Prozess als Entzug von Calcium. Präzisiert werden kann, dass hierbei Calciumoxalat, ein Calciumsalz der Oxalsäure (CaC₂O₄) entsteht. Der Patentanmelder fügt in einer Anmerkung („Annotation“) hinzu, dass er mit dieser Entdeckung auch das Weichmachen von Elfenbein im Blick hatte, wie es bei den berühmten jungpaläolithischen Lanzen von Sungir der Fall war, ohne dass er den Namen des Fundplatzes nennt. Hierzu kann ich aus einem mir in russischer Sprache vorliegenden Manuskript wiedergeben, dass Experimente zum Wässern und Biegen von Elfenbeinspänen erfolgreich durchgeführt wurden, allerdings nur mit

längs aus dem Zahn geschnittenen Spänen von Elfenbein, die unter großem Druck gebogen wurden und am Rand des Zahns liegen (ЮРЬЕВИЧ in Vorb.). Es ist jedoch fraglich, ob Lanzen mit dem Durchmesser von Sungir (BADER 1998) erfolgreich nur durch mechanische Umformung hergestellt werden könnten. Die Anmerkung von Radovan Zrno ist daher berechtigt, wie auch seine Überlegung, dass „mit der in Pflanzen und Flechten enthaltenen Oxalsäure organisches Material mit Calciumgehalt weich gemacht werden kann“ (ZRNO 2002). Da er dies jedoch nicht konkreter ausführt und offenbar mit seinem Patent mehr auf eine wirtschaftliche Nutzung abzielt, beginnt hier mein experimentell-archäologischer Ansatz.

Oxalsäure und Sauerampfersud

Nach LANG (1994) sind sowohl Wiesensauerampfer (*Rumex acetosa*) als auch der Kleine Sauerampfer (*Rumex acetosella*) in der Fauna des Weichsel-Pleniglazials in England nachgewiesen. Beide Pflanzen enthalten recht hohe Mengen an Oxalsäure, wie auch der Sauerklee (*Oxalis acetosella*), in dessen Name bereits der Hinweis auf den Säuregehalt versteckt ist. Da Sauerklee jedoch eine Waldpflanze ist, scheidet er für die Experimente aus.

Aus 170 g frischem, klein gehäckseltem Wiesensauerampfer und 300 ml Wasser wurde ein Glas Pflanzensud hergestellt und mehrere Stücke eines Elefantenstoßzahns hineingelegt. Zeitgleich zum Sauerampfersud wurde auch der Versuch von R. Zrno mit 10%-iger Oxalsäure (gelöstes Oxalsäure-Dihydrat) nachvollzogen, um einen Vergleichswert der sukzessiven Aufweichung zu haben (Abb. 4). Die Inhalte beider Gläser wurden jeweils mehrere Wochen lang in ihrem Reaktionsverhalten beobachtet, mit folgenden Ergebnissen: Stücke in der 10%-igen Oxalsäure wurden zwei Wochen bei 40° Celsius im Wärme-



Abb. 4: Sauerampfersud und Oxalsäurelösung.



Abb. 5: Schnitzfähigkeit nach Einlegen in Oxalsäurelösung.

schränk aufbewahrt. Die Ausfällung von Calciumoxalat auf der Oberfläche der Stücke beträgt etwa 2 mm, so dass ein schmieriger Film entsteht. Die Schnitzbarkeit der äußeren Schichten ist wie bei Weichholz (Abb. 5) und es fallen Schnitzspäne an, die etwa denen bei der Bearbeitung von Lindenholz gleichen (Abb. 6). Die Härte nimmt jedoch zur Mitte der Elfenbeinstücke erheblich zu, so wie die Durchdringung mit Oxalsäurelösung abnimmt. Auf der Oberfläche einer kleinen Mammutplastik, die der 2006 am Vogelherd gefundenen (CONARD et al. 2007) nachempfunden wurde, hebt sich daher die äußere, weiße und mit Calciumoxalat angereicherte scharf von der inneren, milchig-beigefarbenen Schicht des unmodifizierten Elfenbeins ab (Abb. 7).



Abb. 6: Schnitzspäne nach Einlegen in Oxalsäurelösung.



Abb. 8: Schnitzfähigkeit nach Einlegen in Sauerampfersud.



Abb. 7: Replik des Mammuts vom Vogelherd.

Da Elfenbein hygroskopisch ist und bis zu 20% Wasser aufnehmen kann, verstärkt längeres Einlegen in der oxalsäurehaltigen Lösung offenbar den Effekt des Aufweichens, wenn auch bei der 10%-igen Konzentration mit dem Nebeneffekt eines zunehmenden weißen Farbumschlags. Nach sechs Wochen ist ein Stück wie in Abb. 6 bis zur Mitte aufgeweicht. Der Farbumschlag durch Bildung von Calciumoxalat greift bis zu 5 mm ins Material hinein, geht jedoch nicht bis zur Mitte. Im inneren Teil des Stückes ist die elfenbeintypische Transluzenz des Materials verschwunden. Das Material bleibt beigefarben, ist aber

nun undurchsichtig, ähnlich wie helles Holz. Beim Trocknen wird es heller, da nun Calciumoxalat an der Oberfläche ausfällt. Durch Lagerung in klarem Wasser bleibt das entkernte Stück elfenbeinfarben.

Die Lagerung im Wärmeschrank bringt keinen deutlichen Vorteil gegenüber 20° C Zimmertemperatur. Entscheidender, als eine schnelle und heftige Reaktion der Außenfläche herbeizuführen, ist für das Schnitzen ein möglichst langes Einlegen in Oxalsäurelösung, um die hygroskopische Durchdringung und damit gleichmäßige Aufweichung des gesamten Stückes zu erreichen.

Ein Elfenbeinstück aus dem Sauerampfersud zeigte nach zwei Wochen bei 40° C im Wärmeschrank oberflächennah eine deutlich verbesserte Schnitzbarkeit, ohne dass sich eine weiße Schicht durch ausgefallenes Calciumoxalat bildete (Abb. 8). Wenn das Stück ohne vorheriges gründliches Wässern austrocknet, bildet sich an der Oberfläche weißes Calciumoxalat.

Nach sechs Wochen im Sud ist das Elfenbeinstück tiefgründig aufgeweicht und hervorragend schnitzfähig. Im Innern verschwand – wie bei der Säurelösung – die Transluzenz und das Stück sieht aus wie Holz. Eine weiße Ausfällung von Calciumoxalat erfolgt lediglich beim Trocknen von Probestücken, die nicht gründlich gewäs-

sert werden. Diese Stücke sind heller und stumpfer als normales Elfenbein, jedoch nicht so stark ausgebleicht wie in chemischer Lösung geweichte.

Ameisensäure und Brennesselsud

Die heftige Reaktion von Ameisensäure mit Zahnschmelz und -bein wird beim chirurgischen Aufsägen von Zähnen angewandt, die vor der Operation damit aufgeweicht werden (mdl. Mitteilung Prof. Dr. Voss, Uniklinik Erlangen). Auch bei der Präparation von fossilen Knochen wird 5%ige Ameisensäure zum Lösen von Calciumphosphat empfohlen (LEIGGI et al. 1994, 156-160), wie auch zum Ablösen von Kalksinterkrusten. Das Fossilhandbuch weist auf die Aggressivität von Ameisensäure (Summenformel CH_2O_2) hin, weshalb Vorsicht geboten sei, um keine Fossiloberflächen zu zerstören. Bei der Reaktion mit Knochen und Zähnen entsteht ein farbloses Calciumsalz, das Calciumhydrogenphosphat (CaHPO_4).

In der Natur kommt Ameisensäure in den Brennhaaren der Brennessel vor, wo sie verantwortlich für die bekannten Hautreizungen ist. Brennesselgewächse (*Urticaceae*) sind in den südmährischen Gravettien-Fundstellen Pavlov und Dolní Věstonice nachgewiesen. Dort wurden sie unter anderem als Fasermaterial ältester Textilien gefunden (MASON et al. 1994; ADOVASIO et al. 1997; 1999). Wegen der gesicherten menschlichen Nutzung während des Jungpaläolithikums ist die Brennessel daher eine weitere prädestinierte Pflanze, um einen Sud für Elfenbeinexperimente herzustellen.

Eine 10%-ige Ameisensäurelösung wurde als Referenz des Reaktionsvermögens mit einem Stück Elfenbein angesetzt. Bereits nach einer Woche zeigten sich am Rand sehr heftige Reaktionen und starke Ausfällungen von Calciumhydrogenphosphat (Abb. 9). In einem zweiten Versuch wurden 300 g klein gehäckselte Brennesseln mit



Abb. 9: Reaktion von Elfenbein nach einer Woche in Ameisensäurelösung.

200 ml Wasser als Sud angesetzt. Nach zwei Wochen ist die Oberfläche angelöst und besser schnitzbar, ähnlich dem Versuch mit dem Sauerampfersud. Das entstehende Calciumsalz ist hier jedoch farblos. Die Langzeitwirkung des Brennesselsuds steht zum Zeitpunkt dieser Niederschrift noch unter Beobachtung, wirkt aber gleichermaßen erfolgversprechend.

Ergebnis und Schlussfolgerungen

Sowohl mit dem während des Pleniglazials in Mitteleuropa beheimateten Sauerampfer als auch der Brennessel liegen Lieferanten der beiden Säuren vor, die in der Lage sind Elfenbein einzuweichen. Da zum Beispiel im Hohlensteinstadel neben dem Löwenmenschen mehrere weitere Stoßzähne im hinteren Teil der Höhle gefunden wurden (WEHRBERGER 2008, 52-53), lässt sich durchaus ein Szenario vorstellen, bei dem Elfenbein-Rohstücke in einem Pflanzensud deponiert wurden, um die Schnitzfähigkeit zu verbessern. Der archäologische Nachweis solcher Gruben, die mit Haut ausgekleidet und in denen solch ein Pflanzensud angesetzt wurde, dürfte indes schwer fallen. Konkrete Hinweise auf die Relevanz des Weichmachens von Mammutelfenbein bieten die Schnitzfacetten an den Objekten, die auf genau diesen Vorgang schließen lassen.

Dank

Herzlich danken möchte ich Rainer Bücking (Erlangen) für seine vielseitigen Hinweise zu Theorie und Praxis der Elfenbeinbearbeitung, sowie für den entscheidenden Tipp zum Oxalsäure-Patent. Zu einigen Auskünften bezüglich Chemie bin ich Prof. Dr. Dietrich Breiting (Erlangen) verbunden. Außerdem danke ich Kurt Wehrberger (Ulm) und Wulf Hein (Dorn-Assenheim) für die mehrjährige freundschaftliche Kooperation zum Thema Elfenbein.

Abstract

The carving facets of Upper Palaeolithic ivory art objects provide evidence for the deliberate manipulation of the material by the artists. The only chemicals which are known to break up and soften the surface of ivory are oxalic and formic acid. This could be confirmed in laboratory experiments. While formic acid is aggressive and corrodes the ivory surface, solutions of oxalic acid extract calcium from the ivory and soften the surface in a reversible manner. In this paper I describe the soaking of pieces of an elephant tusk in a brew of sorrel plants with a high content of oxalic acid over several weeks. This made it markedly easier to work the ivory. Since sorrel (*Rumex acetosa*) has been detected in the central European Pleniglacial, this technique could have been used by the ivory carvers of the Swabian Aurignacian.

Literatur

- ADOVASIO, J. M., SOFFER, O., HYLAND, D. C., KLÍMA, B., SVOBODA, J. 1999: Textil, košíkářství a sítěv mladém paleolitu Moravy. Archeologické rozhledy LI-1, 1999, 58-94.
- ADOVASIO, J. M., HYLAND D.C., SOFFER, O. 1997: Textiles and Cordage: A Preliminary Assessment. In: J. Svoboda (ed.), Pavlov I - Northwest.
- BADER N. (Hrsg.) 1998: „Posdnepaleolititsche-skoje posselenije Sungir“. Moskau (Nautschny Mir) 1998.
- BARGEN, F. 1994: Jahrbuch für Antike und Christentum, Band 37. Münster 1994.
- BARTL, A., KREKEL, C., LAUTENSCHLAGER, M. & OLTROGGE, D. 2005: Der „Liber illuministarum“ aus Kloster Tegernsee. Kommentierte Neuausgabe. München 2005.
- BÜCKING, R. 2008: Die Technik der Elfenbeinbearbeitung im Wandel der Jahrtausende. In: L. Steguweit (Hrsg.), Menschen der Eiszeit: Jäger – Handwerker – Künstler. Praehistorika, Fürth 2008, 93-99.
- CONARD, N. J. 2003: Paleolithic ivory sculptures from southwestern Germany and the origins of figurative art. *Nature* 426, 2003, 830-832.
- CONARD, N. J., LINGNAU, M., MALINA, M. 2007: Einmalige Funde durch die Nachgrabung am Vogelherd bei Niederstotzingen-Stetten ob Lontal, Kreis Heidenheim. *Archäologische Ausgrabungen Baden-Württemberg* 2006, 20-24.
- CONARD, N. J. 2009a: A female figurine from the basal Aurignacian of Hohle Fels Cave in southwestern Germany. *Nature* 459, 2009, 248-252.
- CONARD, N. J. 2009b: ...und noch mehr Tiere! Die neuen Kleinkunstwerke vom Hohle Fels und vom Vogelherd. In: Archäologisches Landesmuseum Ba-Wü (Hrsg.), Eiszeit – Kunst und Kultur. Begleitband zur Großen Landesausstellung. Stuttgart 2009.
- FIEDLER, L. 1989: Besprechung von: J. Hahn, Kraft und Aggression. *Germania* 67/1, 1989, 193-196.
- HAHN, J. 1986: Kraft und Aggression. Die Bot-schaft der Eiszeitkunst im Aurignacien Süd-deutschlands? *Archaeologica Venatoria*, Band 7. Tübingen 1986.
- HAHN, J. 1988: Die Geißenklösterle-Höhle im Achtal bei Blaubeuren I. Fundhorizontbildung und Besiedlung im Mittelpaläolithikum und Aurignacien. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 26. Stuttgart 1988.
- HAHN, J., SCHEER, A. & WAIBEL, O. 1995: Gold der Eiszeit – Experimente zur Elfenbeinbearbeitung. In: A. Scheer (Hrsg.), Eiszeitwerkstatt – Experimentelle Archäologie. *Museumshft* 2, Blaubeuren 1995, 29-37.

- HEIN, W. 2007: Silex et ivoire/ Feuerstein und Elfenbein. In: H. Floss, N. Rouquerol (Hrsg.), Les chemins de l'art aurignacien en Europe/ Das Aurignacien und die Anfänge der Kunst in Europa. Colloque international/Internationale Fachtagung Aurignac, 16.-18.9.2005, Éditions Musée-forum Aurignac. Cahier 4, 2007, 345-352.
- HEIN, W. 2008: Elfenbein und Feuerstein. In: L. Steguweit (Hrsg.), Menschen der Eiszeit: Jäger – Handwerker – Künstler. Fürth (Præhistorika), 2008, 55-59.
- ЮРЬЕВИЧ, Г. (JUREVICH, G.) in Vorb.: Копья из д воиногo погребения подростков Сунгирьской стоянки (технологический анализ).
- KLÍMA, B. 1987: Die Kunst des Gravettien. In: G. Albrecht, H. Müller-Beck (Hrsg.), Die Anfänge der Kunst vor 30000 Jahren. Stuttgart 1987, 34-42.
- КОРЕЗКУ, В. 1851: Naturgeschichte der Thiere in ihrer Anwendung auf Handel und Gewerbe. Wien 1851.
- LANG, G. 1994: Quartäre Vegetationsgeschichte Europas: Methoden und Ergebnisse. Jena/ Stuttgart/ New York 1994, 299-300.
- LEHMANN, U. 1996: Paläontologisches Wörterbuch. 4. Auflage, Stuttgart 1996.
- LEIGGI, P., MAY, P. 1994: Vertebrate Paleontological Techniques. Volume 1. Cambridge 1994.
- MASON, S. L. R., HATHER, J. G. HILLMAN G. C. 1994: Preliminary investigation of the plant macro-remains from Dolní Vestonice II, and its implications for the role of plant foods in Palaeolithic and Mesolithic Europe. Antiquity 68, 1994, 48-57.
- MEYER, H. 1856: Mittheilungen aus den Verhandlungen der Leipziger Polytechnischen Gesellschaft der Sitzungsperiode 1855-1856. In: Wieck, F. G., Deutsche Gewerbezeitung N. F., Bd. 7, 1856, 437-453.
- OLIVA, M. 2008: Kunst und Schmuck des Gravettien in Mähren. In: L. Steguweit (Hrsg.), Menschen der Eiszeit: Jäger – Handwerker – Künstler. Fürth (Præhistorika), 2008, 60-73.
- PAWLIK, A. 1992: Mikrogebrauchsspurenanalyse. Methoden – Forschungsstand – Neue Ergebnisse. Urgeschichtliche Materialhefte 9. Tübingen 1992.
- PELKA, O. 1923: Elfenbein. Bibliothek für Kunst- und Antiquitäten-Sammler, Bd. 17. Berlin 1923.
- STEGUWEIT, L. 2003: Gebrauchsspuren an Artefakten der Hominidenfundstelle Bilzingsleben (Thüringen). Tübinger Arbeiten zur Urgeschichte 2. Rahden/ Westf. 2003.
- STEGUWEIT, L. 2005: Gebrauchsmuster an „Elfenbein-Zylindern“ aus jungpaläolithischen Fundstellen in Niederösterreich und Mähren. Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss. 14, 2005, 177-193.
- WEHRBERGER, K. 2007: L'Homme-lion de la grotte du Hohlenstein-Stadel/Der Löwenmensch vom Hohlenstein-Stadel. In: Floss, H. u. N. Rouquerol (Hrsg.), Les chemins de l'art aurignacien en Europe/ Das Aurignacien und die Anfänge der Kunst in Europa. Colloque international/Internationale Fachtagung Aurignac, 16.-18.9.2005, Éditions Musée-forum Aurignac. Cahier 4, 2007, 331-344.
- WEHRBERGER, K. 2008: Der Löwenmensch. In: L. Steguweit (Hrsg.), Menschen der Eiszeit: Jäger – Handwerker – Künstler. Fürth (Præhistorika), 2008, 45-53.
- ZRNO, R. 2002: Weichmachen von Elfenbein und organischer Masse mit Calciumgehalt mittels Oxalsäure (COOH * COOH). Patent DE10137384A1 (28.03.2002). Im Internet: <http://www.patent-de.com/20020328/DE10137384A1.html>

Abbildungsnachweis

Abb. 3: Foto H. Jensen, aus Conard, N. J. 2009a. Alle übrigen Abb.: Verfasser.

Anschrift des Verfassers

Dr. Leif Steguweit
 Universität Erlangen-Nürnberg
 Institut für Ur- und Frühgeschichte
 Kochstraße 4/ 18
 D – 91054 Erlangen
 E-Mail: Steguweit@arcor.de