

SCHIFFSARCHÄOLOGIE

DIE MITTELALTER-FLOTTE DES DEUTSCHEN SCHIFFAHRTSMUSEUMS

Anstoß zur Entwicklung moderner Konservierungsverfahren

VON PER HOFFMANN

Mit der »Bremer Hanse-Kogge« von 1380 zog das Problem, wie man große Naßholzfunde konserviert, in das DSM ein. Jetzt konservieren wir eine ganze Flotte mittelalterlicher Wasserfahrzeuge. Im Laufe der Jahre mußten wir eine Reihe von Entscheidungen treffen, zum Teil auf unzureichender Wissensgrundlage. Unsere Erfahrungen – gute wie schlechte – haben zur Änderung des ursprünglichen Konservierungsprogrammes für die Kogge geführt. Sie haben auch unser Verständnis davon erweitert, wie die Stabilisierung von wassergesättigtem archäologischem Holz funktioniert. So ist es uns nun möglich, für andere Schiffsfunde maßgeschneiderte Konservierungsprogramme zu entwerfen.

Als die »Bremer Kogge« 1962 in der Weser auftauchte, erübrigte sich die erste Entscheidung, die in solchen Situationen getroffen werden muß: Wie sollen wir das Schiff bergen, als Ganzes oder in Teilen? Der Winter stand kurz bevor, und das Schiff mußte schnell aus dem Strom. Da die Eisennägel in der geklinkerten Außenhaut größtenteils durchgerostet waren, lösten sich die Planken von selbst voneinander. Es war unmöglich, das Schiff als Ganzes zu heben.

Die nassen Hölzer mit einem Holzschutzmittel in Folie einzuschweißen und erst einmal so zu lagern, war eine schlechte Entscheidung: Schimmelpilze wuchsen auf dem Holz, und auch in den Schläuchen fingen die Hölzer an auszutrocknen. So wurden die 30 Tonnen Schiffshölzer in große, mit Folie ausgekleidete Holzkisten in Wasser umgelagert, dem ein Borat-Holzschutzmittel zugesetzt war. 10 Jahre lang ging das gut.

Während dieser Zeit untersuchten Physiker und Chemiker an der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft in Hamburg die Möglichkeiten, das wassergesättigte Kogge-Holz zu erhalten. Die Konservierung der WASA in Stockholm war noch in der Planungs- und Versuchsphase, und nur in Kopenhagen lief bereits die Konservierung der Wikingerschiffe aus dem Roskilde Fjord, der vier »Skuldelev-Schiffe«. Laborversuche mußten also Erfahrungen mit der Behandlung ganzer Schiffe ersetzen.

Der Einsatz von Polyethylenglykol (PEG) zur Stabilisierung von wassergesättigtem Holz war in jenen Tagen ein neuer und vielversprechender Ansatz. Aber die Meinungen gingen darüber auseinander, für welches PEG man sich entscheiden sollte. Es gab ein Dilemma: Hochmolekulares PEG (PEG 4000) würde stark abgebautes (zersetztes) Holz festigen und seine Schwindung weitgehend verhindern. Aber die großen Moleküle würden in weniger abgebautes Holz nur schwer eindringen können, in vielen Fällen überhaupt nicht. Niedermolekulares PEG (z.B. PEG 200) andererseits ist flüssig. Es stabilisiert stark abgebautes Holz nur unzureichend und verleiht ihm keine mechanische Festigkeit. Dafür würde dies PEG auch in wenig abgebautes Holz eindringen und es gegen Schwinden stabilisieren. Aber niedermolekulares PEG ist hygroskopisch, und man fürchtete, daß damit behandeltes Holz bei höherer Luftfeuchtigkeit anfangen würde zu tränen.

Die Hölzer der Skuldelev-Schiffe waren dünn und weich; PEG 4000 konnte in sie eindringen. Die Planken und Spanten, Decksbalken und Spills der Bremer Kogge waren erheblich dicker und auch weniger abgebaut. So empfahl man, als Kompromiß, für ihre Behandlung PEG 1000: eine feste Substanz aus Molekülen mittlerer Größe und mit mittlerer Hygroskopizität.

Als nächste Entscheidung stand an, ob die Schiffshölzer erst konserviert und dann zu einer Kogge zusammengefügt werden sollten; oder sollte man die Kogge aus den noch nassen Hölzern aufbauen und sie danach als Ganzes konservieren? Erste Erfahrungen aus Dänemark zeigten, daß während der Tränkung bei höherer Temperatur einige Hölzer sich irreversibel verwerfen konnten. Sie waren dann nicht mehr in den Schiffsverband einzubauen. In Bremen ließen sich die Politiker für das zweite Verfahren gewinnen, das sicherer, aber auch teurer werden würde.

Kein lebender Schiffbauer in Deutschland hatte jemals eine Kogge gebaut. Niemand hatte auch ein 45-Tonnen Schiff aus 2000 nassen, schweren, weichen und oft zerbrochenen Stücken Eichenholz zusammengefügt. Und wie würde man alles während des jahrelangen Aufbaus tiefend naß halten? Der Wiederaufbau der Kogge wurde nicht nur zu einem Forschungsprojekt über mittelalterliche Schiffbau-Konstruktion – unsere Schiffbauer mußten Bauablauf und verwendete Technologie neu herausfinden –, sondern das Vorhaben entwickelte sich auch zu einer Art technischen Abenteuers. Eine Methode zur Verleimung gebrochener nasser Planken wurde entwickelt, und nach einigem Experimentieren stellte sich heraus, daß Holzdübel die besten Mittel waren, die weichen Hölzer fest und dauerhaft miteinander zu verbinden – wie vor 600 Jahren schon beim ersten Bau der Kogge. Nach sieben Jahren, meist hatten nur zwei bis drei Mann an der Kogge arbeiten können, bauten Techniker der Deggendorfer Werft ein Becken aus rostfreiem Stahl um die Kogge herum, und wir füllten es mit 800000 Liter Wasser und PEG. Innerhalb von Tagen entwickelte sich ein reges mikrobielles Leben in der Flüssigkeit und verschleierte den Blick auf das Schiff. Dies war schlecht, da große Fenster im Becken sind und der Öffentlichkeit versprochen war, das Schiff während der voraussichtlich 20 bis 30 Jahre dauernden Konservierung sehen zu können. Schließlich bekamen wir die Mikroben einigermaßen in den Griff mit einer Kombination aus Flockungsmitteln, Filtern und gelegentlichen Zugaben eines umweltverträglichen Biozids – einer quaternären Ammoniumverbindung. Die Schwierigkeit bestand darin, daß die üblichen oxidierenden Mittel zur Bakterienbekämpfung – Chlorzugabe, UV-Bestrahlung, Ozonierung – das PEG zerstören würden, und daß wir andererseits auch nicht eines Tages mit 800 Tonnen giftiger Lösung dastehen wollten, die nicht entsorgt werden könnten.

Ein Jahr vor dem Bau des Beckens war ich an das DSM gekommen und »erbte« den Konservierungsplan, der nunmehr 15 Jahre alt war. Eine Reihe von Diskussionen mit »Naßholzkollegen« veranlaßte mich, mich für den Gebrauch von PEG 1500 statt PEG 1000 zu entscheiden, da alle fürchteten, auch PEG 1000 wäre noch zu hygroskopisch.



Abb. 1 Die Bremer Hanse-Kogge taucht 1962 bei Baggerarbeiten in der Weser auf. Photo: Focke-Museum Bremen



Abb. 2 Die Bremer Hanse-Kogge wird vor der Konservierung aus ihren wassergesättigten Hölzern wieder zusammengebaut. Holzdübel erwiesen sich als die beste Methode, die nassen Hölzer miteinander zu verbinden. Photo: G. Meierdierks, DSM

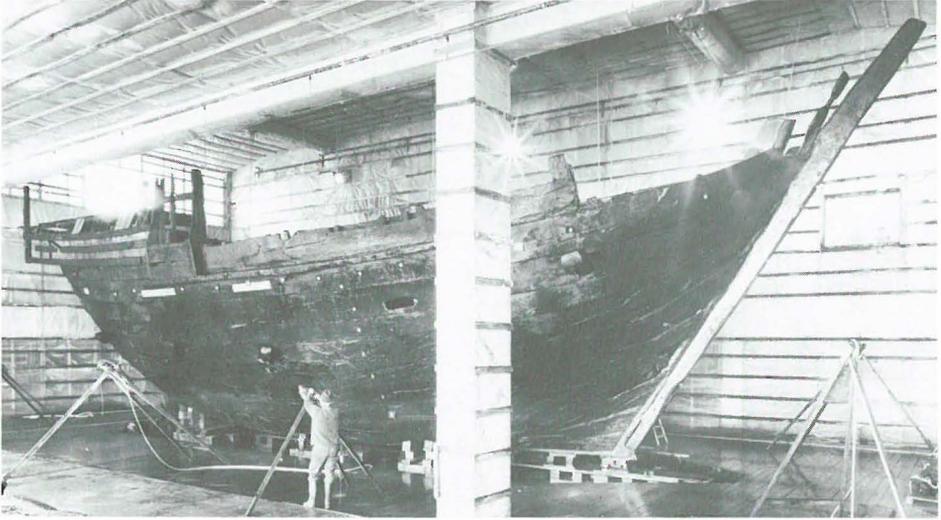


Abb. 3 Die Bremer Hanse-Kogge fertig zur Konservierung, 1979. Photo E. Laska, DSM



Abb.4 Das um die Kogge herumgebaute Edelstahlbecken. Fenster gewähren einen Blick auf die Kogge während der langen Jahre der Konservierung. Photo: E. Laska, DSM

Die Unsicherheiten über den Gebrauch von PEG brachten mich dazu, eine Reihe systematischer Untersuchungen zu starten. Sie sollten Klarheit schaffen über den gesamten Fragenkomplex: Moleküle welcher Größe können in Eichenholz welchen Erhaltungszustandes eindringen? Welche Mengen an PEG sind nötig, um die verschiedenen Holzqualitäten bestmöglich zu stabilisieren? Wie beeinflussen die verschiedenen PEG in unterschiedlichen Mengen die Hygroskopizität der behandelten Hölzer? Wie sieht archäologisches Holz überhaupt aus auf der mikroskopischen und der ultrastrukturellen Ebene? Welche Veränderungen seiner chemischen Zusammensetzung hat es erfahren? Solche Untersuchungen dauern Jahre, weil

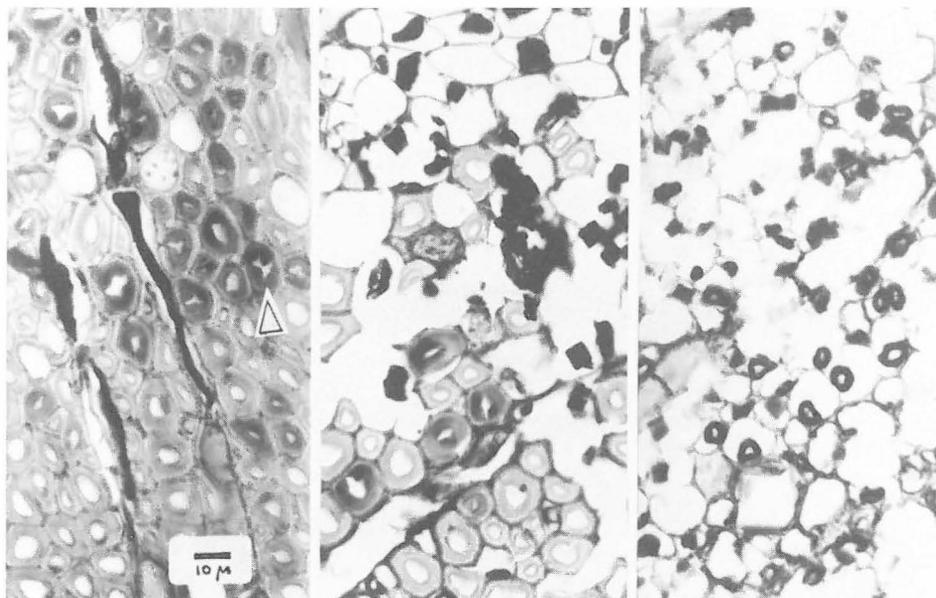


Abb. 5 Mikroskopische Aufnahmen von Querschnitten aus archäologischem Naßholz in drei Stadien des Holzabbaus.

Links: wenig abgebaut; beginnender Abbau sichtbar an gequollenen Zellwänden mit dunklerer Färbung.

Mitte: »mittelmäßig abgebaut«; in diesem Stadium besteht das Holz aus einem Gemisch aus wenig und stark abgebauten Holzzellen.

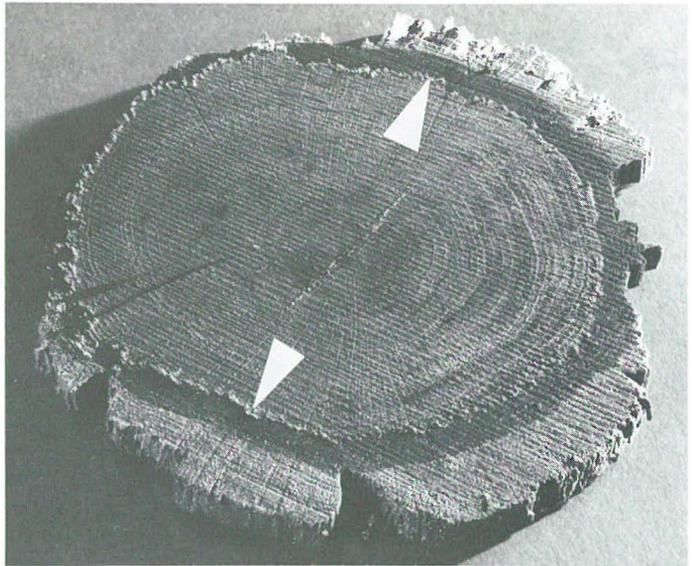
Rechts: stark abgebaut; das zerbrechliche Gerüst aus dünnen Zellwandresten wird nur von dem es auffüllenden Wasser in Form gehalten.

das Eindringen von PEG in wassergesättigtes Holz ein sehr langsamer Diffusionsprozeß ist (1–5).

Schließlich kamen einige sehr brauchbare Ergebnisse heraus:

- Kein einzelnes PEG kann alle Holzqualitäten gleichermaßen zufriedenstellend stabilisieren;
- wenig abgebautes Holz läßt sich am besten mit niedermolekularem, stark abgebautes Holz mit hochmolekularem PEG stabilisieren;
- Holz von scheinbar mittlerer Qualität läßt sich nicht optimal stabilisieren mit PEG mittlerer Molekülgröße (PEG 1000–1500). Ein solches Holz besteht in Wahrheit meist aus einem Gemisch wenig und stark abgebauter Holzzellen. Entsprechend wird es am besten mit niedermolekularem und hochmolekularem PEG stabilisiert;
- nieder- und hochmolekulares PEG wendet man am besten in zwei getrennten Bädern nacheinander an. Die Tränkung mit einer Mischung beider PEG führt zu einem mit einer klebrigen und hygroskopischen Paste gefüllten und bedeckten Holz;
- es gibt eine deutliche Abhängigkeit der für eine optimale Stabilisierung nötigen PEG-Menge vom Zustand des Holzes. Anhand dieser Beziehung kann man für Holz jeder Qualität feststellen, wann die Tränkebehandlung zu dem gewünschten Ergebnis geführt hat und die Behandlung beendet werden kann;
- Holz, das in einem Zwei-Stufen-Verfahren getränkt wurde, hat eine Hygroskopizität, die so niedrig ist, als wäre es nur mit hochmolekularem PEG behandelt. Es läuft nicht Gefahr,

Abb. 6 Querschnitt eines archäologischen Eichenstammes, der zwei Bereiche mit deutlich unterschiedlichen Abbauzuständen enthält. Die Grenze zwischen stark abgebautem Holz (außen) und wenig abgebautem Holz (innen) ist markiert.



naß zu werden bei relativen Luftfeuchten unter 75%. Normales Museumsklima hat 55 bis 65% Luftfeuchte.

In ihrer Gesamtheit ergeben die Versuchsergebnisse eine einleuchtende Hypothese darüber, wie die Dimensionsstabilisierung des Holzes auf der ultrastrukturellen Ebene abläuft: In wenig abgebautes Holz können nur die kleinen Moleküle niedermolekularen PEGs eindringen (z.B. PEG 200). Diese Moleküle diffundieren in die Zellwände des Holzes hinein und ersetzen einen Teil des in der Feinstruktur der Zellwand vorhandenen Quellungswassers. Trocknet das Holz, so bleibt das PEG in den Zellwänden und hält diese – und damit das gesamte Holz – in einem permanent gequollenen Zustand. Es tritt keine Schwindung auf.

In stark abgebautes Holz können die großen Moleküle hochmolekularer PEG eindringen (PEG 3000 oder 4000). Diese Moleküle diffundieren in die Zellhohlräume und in die aufgelockerten Reste der abgebauten Zellwände. Trocknet das Holz, so kristallisiert das feste PEG aus und füllt das abgebaute Holzgewebe wie ein inneres Korsett. Das Holz ist mechanisch gestärkt und gegen Schwindung abgeblockt.

Diese Ergebnisse wurden an Eichenholz gewonnen. Weitere Untersuchungen zeigten dann, daß sie auch für eine Reihe von Nadelhölzern (Koniferen) zutreffen (6, 7). Dabei sind generell kleinere Mengen an PEG ausreichend, um abgebaute Nadelhölzer hervorragend zu stabilisieren. Aufgrund der großen Vielfalt im anatomischen Aufbau von Laubhölzern (Dicotyledonen) muß man darauf gefaßt sein, daß archäologische Hölzer der verschiedenen Spezies auf eine stabilisierende Behandlung etwas unterschiedlich reagieren.

Die Ergebnisse der Laborversuche wurden bestätigt durch das Resultat der Behandlung einer Gruppe von Eichenhölzern verschiedener Herkunft mit PEG 1000, wie ursprünglich für die Kogge geplant: Die Dimensionsstabilisierung war ungenügend, und die Hölzer blieben auch im normalen Museumsklima feucht. Ihre Analyse zeigte dann, daß auch in fünf Jahren Tränkung das PEG in wenig abgebaute Hölzer nicht weiter als fünf Millimeter eingedrungen war (8).

Die Hölzer der Kogge bestehen – wie die meisten größeren archäologischen Hölzer – aus verschieden stark abgebauten Anteilen: Die äußeren Partien sind meist viel stärker abgebaut als die inneren Partien. Solche Hölzer sind Kandidaten für eine Zwei-Stufen-Behandlung, die alle vorkommenden Holzqualitäten stabilisiert.

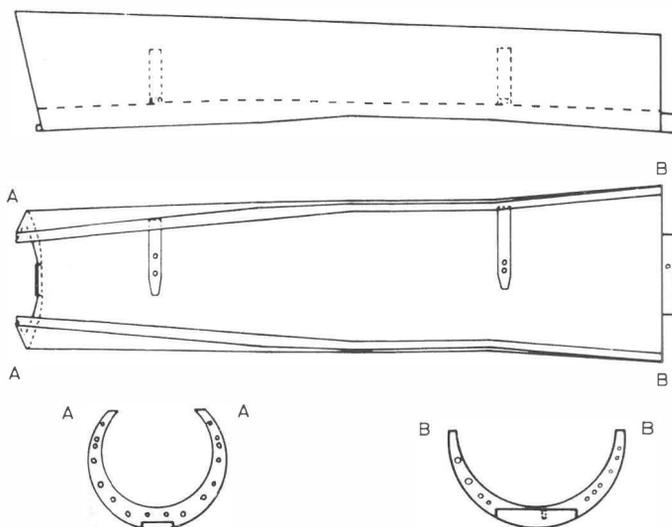


Abb. 7 Lastenbaum von Evensen, 6 m lang. Rekonstruktionszeichnung: H. Eggers, DSM

1985 änderten wir das Konservierungsprogramm für die Kogge in ein Zwei-Stufen-Verfahren, in dem erst PEG 200 und danach PEG 3000 eingesetzt wird. Zur Zeit (April 92) schwimmt das Schiff in einer 30%igen Lösung von PEG 200, die noch auf 40% gebracht wird. Die zweite Behandlungsstufe soll 1994 beginnen, und in ihr wird die Endkonzentration des Tränkbades 70% PEG 3000 betragen. Während der zweiten Stufe müssen wir die PEG-Lösung auf 40° C erwärmen, damit sie flüssig bleibt.

Wir konservieren auch andere Schiffsfunde. Das DSM beherbergt die größte Sammlung mittelalterlicher Wasserfahrzeuge in Europa. Einige sind bereits konserviert, einige befinden sich gerade in der Behandlung, und ein sehr interessantes Wrack aus dem 13. Jahrhundert wird, während ich dies schreibe, gerade aus Bremen angeliefert (das »Schlachte«-Schiff), um bei uns – und für unsere Ausstellung – konserviert zu werden.

Aufbauend auf den Untersuchungen zur Entwicklung des Konservierungsprogramms für die Bremer Hanse-Kogge, konnten wir für jedes Schiff eine maßgeschneiderte Behandlung entwerfen, die seinen jeweiligen Erhaltungszustand berücksichtigt:

- Die Schale eines riesigen Lasten-Einbaums aus dem 11. Jahrhundert (6 m lang, 2 m Durchmesser, 10–20 cm Wandstärke) besteht aus nur wenig abgebautem Eichenholz – sie wurde in einem Bad mit PEG 200 behandelt.
- Für einen noch längeren, zu einem Ponton ausgehöhlten Eichenstamm (auf 1350 n.Chr. datiert) konnten wir kein Tränkbecken bauen. Wir besprühten ihn immer wieder mit reinem PEG 200, so lange er es aufsaugte. Das Ergebnis ist schwierig zu beurteilen. Auf jeden Fall konnten wir die Trocknung sehr verlangsamen und dadurch traten weniger Trockenspannungen auf und weniger Risse entstanden, als ohne Behandlung zu erwarten waren. Verzogen oder verwrungen hat sich der Stamm nicht.
- Die stark abgebauten Planken eines schmalen Flußbootes tränkten wir in einem beheizten Becken mit PEG 3000.
- Die dicken, aus verschiedenen Qualitäten bestehenden Hölzer eines kleinen »Oberländers« aus dem 13. bis 14. Jahrhundert, eines Bootstyps vom Rhein, haben eine Zwei-Stufen-Behandlung durchlaufen. Der Oberländer wird zur Zeit im Museum wieder zusammgebaut (9). Ein Teil der Rumpfschale hat sich im heißen Bad aufgrund verrutschter Lagerung etwas verbogen. Ein Vorteil der PEG-Behandlung ist nun, daß eine PEG-gefüllte Planke



Abb. 8 Ein 8 m langer Schwimmkörper aus einem ausgehöhlten Eichenstamm wird zur Konservierung mit PEG 200 besprüht. Der Schwimmkörper hat vielleicht, in der Leine verankert, eine Wassermühle getragen.

nach erneutem Erwärmen so weit biegsam wird, daß man sie in ihre alte Form zurückdrücken kann.

- Ein Lastschiff aus der Zeit Karls des Großen (auf 808 n.Chr. datiert) tauchte 1989 in einer Baugrube in Bremen auf. Wir konnten es in einer Länge von 12 Metern bergen und taufen es »Karl von Bremen«. Ursprünglich war es wohl etwa 15 bis 20 Meter lang und drei Meter breit. Nun wird es einem Zwei-Stufen-Verfahren mit PEG 200 und dann PEG 3000 unterzogen. Seine Hölzer sind zwar überwiegend stark abgebaut, in ihrem Innern haben sie aber immer noch einen Kern weniger abgebauten Holzes (10).

Die theoretischen Überlegungen hinter dem Gebrauch von zwei verschiedenen PEG, entweder einzeln oder beide nacheinander, zur Stabilisierung aller Erhaltungszustände von archäologischen Hölzern sind auch in anderen Labors bestätigt worden (11, 12). Immer häufiger wählen Kollegen Zwei-Stufen-Tränkungen zur Konservierung großer Naßholzobjekte wie Einbäume, Konstruktionshölzer und Schiffswracks (13). Das größte Objekt, das derzeit auf diese Weise behandelt wird, ist die MARY ROSE, Flaggschiff Heinrichs VIII. (14).

Stabilisierungsbehandlungen mit hochmolekularem PEG sind ziemlich teuer: Man braucht ein korrosionsfestes Becken mit Heizung sowie große Mengen PEG. Dann verschlingt das Heizen des Tränkbades über mehrere Jahre ebenfalls viel Geld.

Das Konservierungsprojekt für »Karl von Bremen« wird voraussichtlich 170000 DM kosten, alles in allem, jedoch ohne Personalkosten. Die hohen Kosten wie auch das dunkle, wachsartige Aussehen PEG-getränkter Hölzer sind die Gründe, weshalb wir begonnen haben, einen zweiten Weg zur Konservierung großer Naßhölzer zu erkunden: Dimensionsstabilisierung mit Rübenzucker (Saccharose, engl. sucrose). Das Verfahren an sich ist nicht neu. Morgós und Mitarbeiter (15) haben 1987 eine Literaturübersicht der sporadischen Untersuchungen der vorangegangenen 85 Jahre zusammengetragen, welche stabilisierende Wirkung Zuckerlösungen auf Holz haben. In den letzten Jahren haben mehr und mehr Werk-

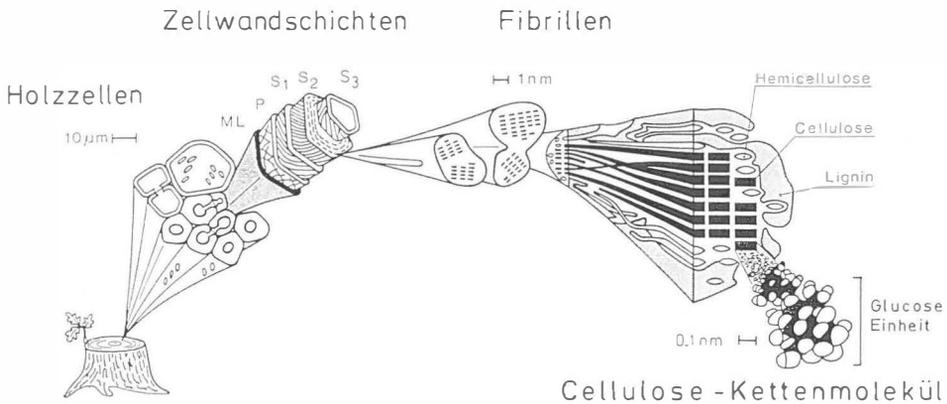


Abb. 9 Sehr lange Cellulose-Molekülketten aus 10–15 000 Glucose-Einheiten lagern sich zu weitgehend kristallinen Strängen zusammen. Von kürzeren Kohlenhydrat-Ketten (Hemicellulosen) und Lignin – einem amorphen hochmolekularen Polymer – umgeben, bilden mehrere Cellulose-Stränge Fibrillen. Während des Wachstums der Zellen werden die Fibrillen in mehreren Schichten auf die Mittellamelle – sie trennt benachbarte Zellen voneinander – abgelagert (ML = Mittellamelle; P = Primärwand; S₁, S₂, S₃ = äußere, mittlere, innere Sekundärwand). Dies Prinzip gilt für alle Zellen. Die Dicke der einzelnen Zellwandschichten aber variiert in den verschiedenen Zellarten des Holzes. Innerhalb der Fibrillen und zwischen den Fibrillen gibt es kapillare Hohlräume und Spalten in den Zellwänden, die mit Wasser oder Luft gefüllt sind, oder sie werden während der Verkernung des Holzes mit sekundären Holzinhaltstoffen gefüllt, wie Gerbstoffe, Farbstoffe und Substanzen, die das Holz haltbarer machen.

stätten die Methode aufgegriffen, vor allem in Mittel- und Osteuropa (16, 17), aber auch in Italien und Jamaica.

Die Zuckermethode hat eine Reihe von Vorteilen:

- das behandelte Holz sieht natürlich aus, ist hell und trocken;
- die Imprägnierung kann bei Raumtemperatur erfolgen, Heizkosten entfallen;
- die Tränklösung ist nicht korrosiv. Jeder wasserdichte Behälter ist als Tränkwanne geeignet, ein Loch in der Erde, mit Folie ausgekleidet, genügt.
- Weniger Konservierungsmittel ist nötig, dazu ist Zucker billiger als PEG.

Die Gesamtkosten für eine Zuckerbehandlung sind nur halb so hoch wie für eine Zweistufen-PEG-Tränkung desselben Objektes.

Es gibt aber auch einige Nachteile:

- Zuckergetränkte Hölzer werden nach dem Trocknen steif und spröde. Sind sie einmal getrocknet, kann man sie nicht biegen oder formen, wie es mit PEG-getränktem Holz nach erneutem Erwärmen geht. Ist eine Rückformung verbogener Hölzer nötig, so muß dies vor der Zuckertränkung oder direkt danach noch im nassen Zustand erfolgen.
- Das Hauptproblem, die Zuckermethode im großen Maßstab anzuwenden, ist die Notwendigkeit, ein Biozid – ein Gift – zu benutzen, um die Zuckerlösung vor einer Gärung, einem Angriff von Bakterien und niederen Pilzen zu schützen. Man muß ein Biozid wählen, das im Gebrauch wirksam ist, sich aber danach entfernen oder zerstören läßt. Erst dann kann man die gebrauchte Zuckerlösung in das Abwassersystem geben. Es bleibt aber immer der Umgang mit Gift und großen Mengen wenn auch nur sehr schwach gifthaltiger Zuckerlösungen.

Wie bei jeder Methode zur Konservierung von wassergesättigtem Holz muß man in Laboruntersuchungen herausfinden, wie die Zuckermethode sich bewährt bei verschiedenen Holz-



Abb. 10 Spät-
mittelalterlicher
kleiner »Ober-
länder« von
Krefeld, ein
Flußschiff aus
dem Rheinge-
biet. Vor der
Konservierung.
Photo: DSM

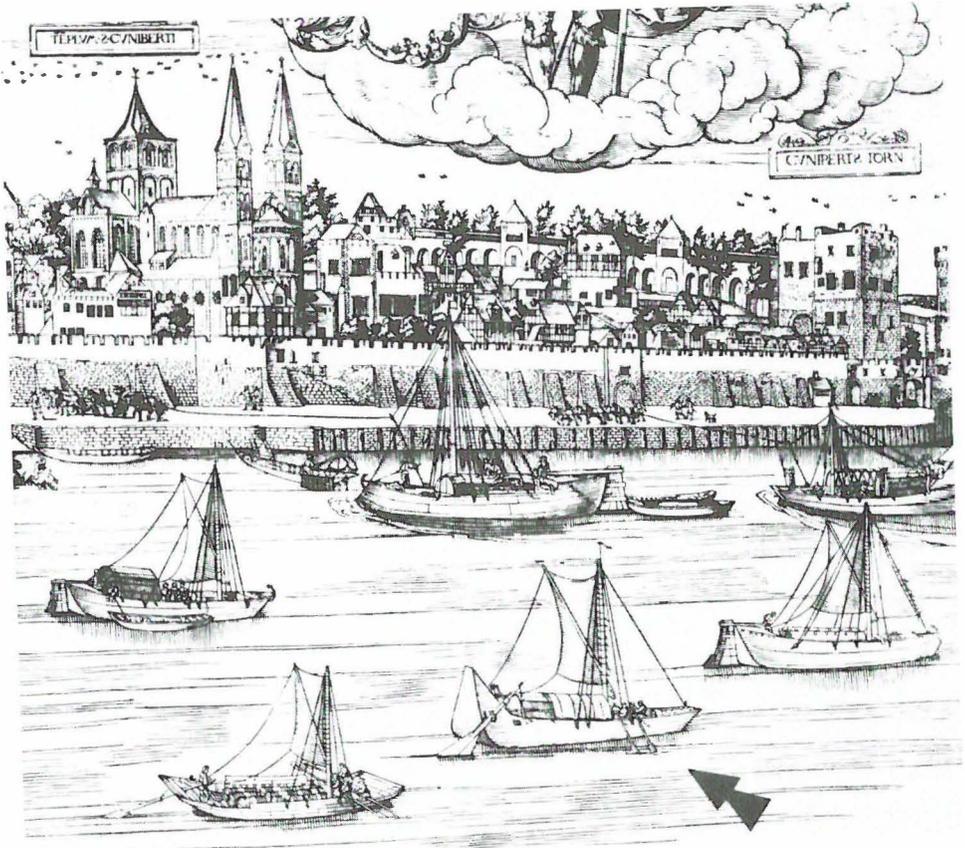


Abb. 11 Mittelgroßer »Oberländer« auf dem Rhein vor Köln. Ausschnitt aus einem Stich von
Woensam, 1531

Abb. 12 *Karolingisches Lastschiff »Karl von Bremen« während der Ausgrabung in der Baugrube für einen Hotelbau. Photo: R. Fromm, Bremen*



arten und bei Holz in allen möglichen Erhaltungszuständen. Welches Maß an Dimensionsstabilisierung läßt sich erreichen? Wieviel Zucker muß man dazu in das Holz einbringen? Bisher scheint die Methode ganz gut zu sein für Eichenholz, Kiefer und Fichte. Sehr stark abgebautes Holz, besonders von Laubholzarten, scheint schwieriger zu stabilisieren als weniger abgebautes Holz. Zur Zeit untersuchen eine Reihe von Wissenschaftlern in mehreren europäischen Labors im Rahmen eines am DSM entworfenen internationalen Forschungsprojektes die Anwendbarkeit der Zuckermethode auf ein breites Spektrum in Europa häufig vorkommender archäologischer Holzarten. Ein Kollege untersucht dabei, ob zuckergetränktes Holz Ameisen und Termiten anlockt und wenn ja, wie man das verhindern kann.

Das Deutsche Schifffahrtsmuseum hat bereits mit gutem Erfolg die Bodenpartie eines Einbaumes aus der Völkerwanderungszeit mit Zucker konserviert. Ein 18 Meter langer mittelalterlicher Frachtsegler vom Bodensee (»Lastschiff von Immenstaad«) und das Wrack eines spätmittelalterlichen Fischerbootes aus Bremen (»Beck's Schiff«) werden zur Zeit unter unserer Anleitung mit Zucker behandelt. Das gerade eingelieferte, oben erwähnte »Schlachtschiff« aus Bremen werden wir ebenfalls mit Zucker stabilisieren. Als Biozid wollen wir »Kathon CG« einsetzen, ein Produkt der Fa. Rohm & Haas, USA, das als Konservierungsmittel für Cremes, Shampoos und andere Kosmetika entwickelt wurde. Seine Wirkstoffe kann

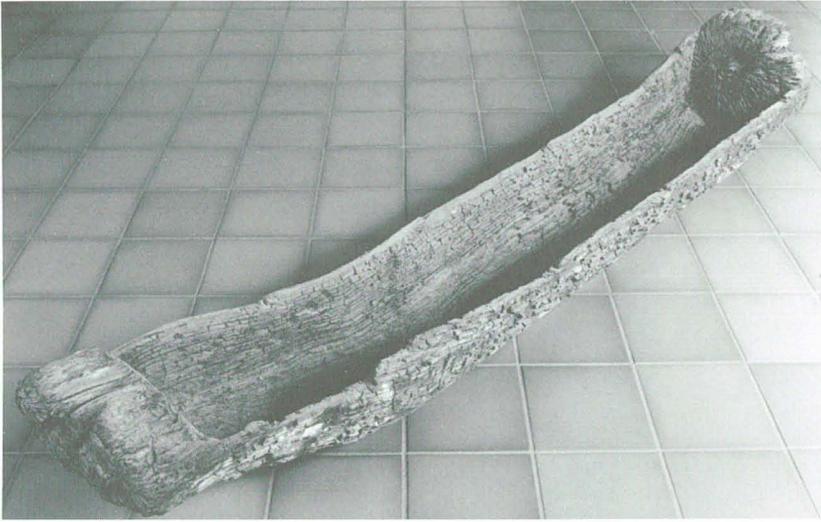


Abb. 13 *Kleiner mittelalterlicher Einbaum, Teil einer Floßfabre vom Main. Ohne Konservierung getrocknet, ca. 1910. Photo: E. Laska, DSM*

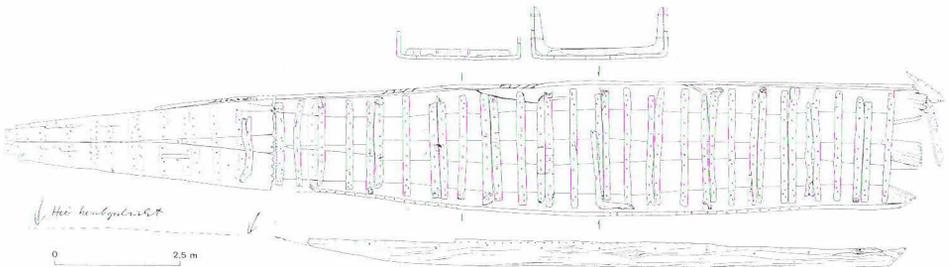


Abb. 14 *Mittelalterlicher Lastensegler vom Bodensee. Um 1334 gebaut und 1990 bei Immenstaad aus dem Ufer ausgegraben. Zeichnung der Fundlage: M. Kinsky, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg*

man durch die Zugabe einer Bisulphit-Lösung zerstören, die entstehenden Abbau-Produkte sind in der Natur häufig vorkommende, einfache organische Substanzen. Sie sind entweder leicht biologisch weiter abbaubar, oder sie können von Pflanzen und Tieren direkt wiederverwertet werden.

Eine mit Bisulphit versetzte, ehemals biozidhaltige Zuckerlösung kann man in jedes Abwassersystem entsorgen.

Haben wir erst für die verschiedenen Holzarten und Qualitäten die optimalen Behandlungsbedingungen herausgefunden, wird die Zuckermethode eine wertvolle Alternative zu den gut entwickelten PEG-Methoden sein. Jede Methode hat ihre Vorteile, und der kompetente Konservator großer Naßholzobjekte muß sie alle beherrschen und wird sie nach den jeweiligen Erfordernissen einsetzen.

Die Mittelalterflotte des DSM

»Karl von Bremen« – Flußschiff, gebaut um 808 n.Chr., gefunden 1989 in Bremen,¹
 Lasteinbaum von Evensen – gebaut im 11. Jahrhundert, geborgen 1980 aus der Leine bei Evensen,
 Schiff von der Schlachte – Heckpartie einer Kogge aus dem frühen 13. Jahrhundert, gefunden 1991 in Bremen,
 Oberländer von Krefeld – kleines Flußschiff aus dem 7. oder dem 13./14. Jahrhundert, gefunden 1973 in Krefeld,²
 Mühlen-Schwimmkörper – großer Ponton, gebaut um 1350 n.Chr., gefunden 1983 in der Leine bei Mandelsloh,
 Bremer Hanse-Kogge – große Kogge, gebaut 1380 n.Chr., gefunden 1962 in Bremen,
 Flußboot von Bremen – sogenannte »Eke« aus dem 8. Jahrhundert, gefunden 1963 in Bremen,
 Einbaum von Aschaffenburg – kleiner Ponton einer Floßfähre, gebaut 2. Hälfte des 14. Jahrhunderts, gefunden 1908 im Main,
 zwei Einbaumfragmente – Pontons von Floßfähren – der eine angefertigt um 1400, gefunden um 1910 in der Weser bei Minden; die Fähren gehören nicht zusammen,
 Einbaumfragment von Hameln – kleiner Ponton einer Floßfähre, angefertigt um 1460, geborgen aus der Weser.

- 1 Ich danke Herrn Prof. H.D. Schulz, Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen, für die 14C-Datierungen der meisten hier aufgeführten Schiffsfunde.
- 2 Für dieses Schiff liegen zwei Datierungen vor: eine 14C-Datierung weist das Holz des Schiffskörpers in das 7.–8. Jahrhundert. Im Innern des Schiffes wurden blau-graue Scherben mit noch scharfen Bruchkanten gefunden. Diese Keramik ist typisch für das 13. und 14. Jahrhundert, und die scharfen Kanten deuten darauf hin, daß sie in den Oberländer geraten sind, ohne vorher oder nachher im Fluß herumgerollt worden zu sein. In Ermangelung anderer Anhaltspunkte würde ein Archäologe das Schiff also auf diese indirekte Weise in das 13./14. Jahrhundert datieren. Die direkte Datierung des Holzes ist natürlich aussagekräftiger.

Literatur:

- 1 Hoffmann, P.: Chemical wood analysis as a means of characterizing archaeological wood. In: Proc. ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference, Ottawa, D.W. Grattan and J.C. McCawley eds., 1982, S. 73–83.
- 2 Ders.: On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG. Molecular size versus degree of degradation. In: Proc. 2nd ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference, Grenoble, 1984, S. 95–115.
- 3 Ders.: On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG. II. Designing a two-step treatment for multi-quality timbers. In: Studies in Conservation 31, 1986, S. 103–113.
- 4 Ders.: On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG. III. Testing the oligomers. In: Holzforschung 42, 1988, S. 289–294.
- 5 Ders.: und M.A. Jones: Structure and degradation process for waterlogged archaeological wood. In: Archaeological Wood, Properties, Chemistry, and Preservation, R.M. Rowell and R.J. Barbour eds., = Advances in Chemistry Series 225, Washington DC, 1990, S. 35–65.
- 6 Ders.: Zur Restaurierung mittelalterlicher Daubengefäße mit Polyethylenglykol. In: Arbeitsblätter für Restauratoren, 1984, S. 98–111.
- 7 Ders.: On the stabilization of waterlogged softwoods with Polyethylene Glycol (PEG). Four species from China and Korea. In: Holzforschung 44, 1990, S. 87–93.

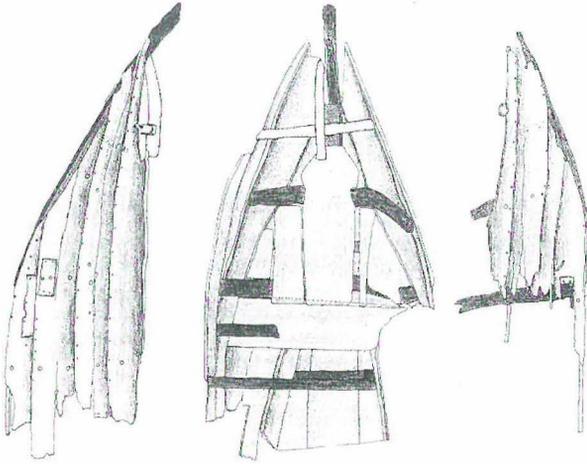


Abb. 15 *Bugpartie eines spätmittelalterlichen kleinen Schiffes, vielleicht eines Fischerbootes. Um oder nach 1489 gebaut und 1989 in Bremen gefunden. Zeichnung: Ch. v. Fick, Der Landesarchäologie Bremen*

- 8 Ders.: A rapid method for the detection of polyethylene glycols (PEG) in wood. In: *Studies in Conservation* 28, 1983, S. 189–193; auch: *Zwei einfache Methoden zum Nachweis von Polyethylenglykol im Holz*. In: *Deutsches Schiffsarchiv* 8, 1985, S. 95–100.
- 9 Ders.: A waterlogged medieval river craft from the Rhine stabilized in a two-step polyethylene glycol treatment. In: *Preprints 9th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation, Dresden, 1990*, S. 229–233.
- 10 Ders.: und D. Ellmers, Ein Frachter aus der Zeit Karls des Großen. In: *Bremer Archäologische Blätter, Neue Folge*, 1991, S. 33–37.
- 11 Young, G.S., und I.N.M. Wainwright: Polyethylene glycol treatments for waterlogged wood at the cell level. In: *Proc. ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference, Ottawa, D.W. Grattan and J.C. McCawley eds., 1982*, S. 107–116.
- 12 Young, G.S., und R. Sims: Microscopical determination of polyethylene glycol in treated wood – the effect of distribution on dimensional stabilization. In: *Proc. ICOM Working Groups on Wet Organic Archaeological Materials and Metals Conference, Fremantle, J.D. MacLeod ed., 1989*, S. 109–140.
- 13 Hoffmann, P., K.-N. Choi und Y.-H. Kim 1991, The 14th-century Shinan Ship-Progress in conservation, *IJNA* 20, 1, S. 59–64.
- 14 Jones, M.A. und M.H. Rule, 1991, Preserving the wreck of the MARY ROSE, *Proc. 4th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference, Bremerhaven, P. Hoffmann ed., S. 25–48*.
- 15 Morgós, A., L. Glattfelder-McQuirk und E. Gondár, 1987, The cheapest method for conservation of waterlogged wood: The use of unheated sucrose solutions. *Preprints 8th Triennial Meeting of the ICOM Committee for Conservation, Sydney*, S. 313–319.
- 16 Cott, J., und A. Unger: Resultate einer Naßholzkonservierung mit Zucker. In: *Restauro* 6, 1991, S. 392–397.
- 17 Wiczorek, K., K. Tomaszewski und K. Wroblewska, 1991, The conservation of waterlogged wood from excavation at Pultusk – the comparison of different treatment methods. *Proc. 4th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference, P. Hoffmann ed., S. 281–315*.