

**Zeitschrift:** Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte =  
Revue suisse d'art et d'archéologie = Rivista svizzera d'arte e  
d'archeologia = Journal of Swiss archeology and art history

**Band:** 36 (1979)

**Heft:** 2

**Artikel:** Museale Wertung der Probenhölzer und der Konservierungsmethoden

**Autor:** Bill, Jakob

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-167225>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

tion théorique est liée à la durée du traitement (cf. «imprégnation»).

#### Homogénéité

Le durcissement par rayonnement gamma permet un durcissement homogène du cœur jusqu'en surface.

#### Variation de masse

La densité du bois traité, voisine de 1, est proche de celle du bois humide.

#### Fragilité des objets traités

L'un des avantages du procédé est d'apporter au bois les propriétés de résistance mécanique des polyesters (cf. les résultats des essais en traction et compression sur les éprouvettes de bois néolithique, du bronze et récentes, publiés dans cet article).

Les bois traités doivent être manipulés avec l'attention requise pour des objets archéologiques mais sans précaution technique particulière.

#### Possibilités d'examen ultérieurs

Il est possible de déterminer l'espèce du bois, l'anatomie du bois, l'âge du bois par dendrochronologie.

Les échantillons de bois traité peuvent être préparés sous forme de lame mince.

#### Possibilités de développement

Comme il a été énoncé plus haut dans le «principe» il serait possible d'améliorer les caractères physico-chimiques du bois traité en remplaçant la résine utilisée actuellement par des produits radiodurcissables mieux adaptés.

Le mode opératoire pourrait être automatisé afin de réduire la durée de traitement et d'augmenter la capacité de traitement du laboratoire.

#### Complémentarité des méthodes

Un procédé analogue de consolidation des bois secs est

utilisé dans le même laboratoire: il consiste à imprégner sous vide un matériau sec par une résine styrène-polyester et à le durcir sous rayonnement gamma.

Il a été appliqué à la stabilisation de bois gorgés d'eau déjà traités par d'autres méthodes (par exemple Arigal C), mais dont le vieillissement dans de mauvaises conditions climatiques provoquait une dégradation progressive des bois.

Ce procédé de stabilisation complémentaire pourrait être appliqué avantageusement à des bois traités par d'autres méthodes afin d'en concilier les avantages respectifs: fidélité dimensionnelle, préservation de surface, solidité, stabilité dans une ambiance climatique défavorable.

### CRITÈRES ÉCONOMIQUES

#### Durée de traitement

La durée de traitement peut varier de 2 mois pour de petits objets (20 g) à 6 mois ou plus pour des pièces plus grandes et épaisses (20 cm d'épaisseur par exemple). Cette durée dépend de la forme du bois, de ses dimensions, de son essence et de son état d'altération.

#### Coût de traitement

Coût de matière première: environ 130 FF (environ Fr. 50.—) par dm<sup>3</sup> de bois gorgé d'eau. Ce coût indicatif dépend des dimensions et du nombre des objets contenus dans un lot de traitement. Une estimation des heures de main-d'œuvre ne peut être donnée que pour un cas précis. Ces heures dépendent des dimensions et de la forme de l'objet, de son état entier ou fragmentaire, de la possibilité de le traiter seul ou simultanément avec d'autres objets, etc.

A titre d'exemple on peut estimer que dans un lot de 10 objets traités simultanément, dont le volume respectif est de l'ordre du dm<sup>3</sup>, il faut compter environ 4 heures de main-d'œuvre par objet.

## MUSEALE WERTUNG DER PROBENHÖLZER UND DER KONSERVIERUNGSMETHODEN

VON JAKOB BILL

Eine Wertung der behandelten Probenhölzer vom musealen Standpunkt aus fällt schwer, da ihre Form weitgehend realitätsfremd war. Dies trifft besonders für die dünnen Brettchen zu. In der Praxis haben wir es nämlich neben stabartigen Hölzern, wie Axtschäften und Brettern, auch mit Hohlkörpern zu tun, wie Schöpfnern, Tassen usw. So ist denn die hier versuchte Wertung bei aller angestrebten

Objektivität subjektiv geprägt. Vom musealen Bedürfnis aus soll ein konserviertes Objekt für den Fachwissenschaftler bestmöglich bearbeitbar sein. Spitzenstücke und für eine Objektgattung oder eine Bearbeitungstechnik aussagefähige Artefakte müssen dem Publikum in permanenter oder temporärer Ausstellung gezeigt werden können. Damit werden aber bereits verschiedene Ansprüche geltend

gemacht, denen sich eventuell andere unterzuordnen haben. Die Objekte müssen sorgfältig gehandhabt werden können, ohne Schaden zu nehmen oder gar zu zerbrechen. Optisch sollten sie möglichst den Aspekt des ursprünglichen Gerätes erhalten. Eventuelle bei der Bergung entstandene Schäden sollten auf kosmetischem Weg behoben werden. Unter Kosmetik wird hier das Ersetzen fehlender oder die Reparatur beschädigter Partien verstanden, auch ein Finish, mit dem der ursprüngliche Holzcharakter wieder hergestellt wird. Über diesen Kriterien steht aber das Alterungsverhalten, das im vorangehend beschriebenen Methodenvergleich nicht berücksichtigt werden konnte und sich erst nach einer Langzeiterfahrung beurteilen läßt. Zum Alterungsproblem kommt die Verträglichkeit von Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen sowie die Lichtempfindlichkeit. Unsere Probenreihe ist bisher im Klimaschrank unter gleichbleibenden Bedingungen aufbewahrt und nur zu Demonstrationszwecken und zur kritischen Begutachtung herausgenommen worden. Aussagen zum wichtigen Fragenkomplex der Alterung und Lagerung können also keine gemacht werden.

Die Hoffnung, mit dieser Versuchsreihe die Anwendungsbereiche der einzelnen Methoden zu erkennen, um daraus einerseits Empfehlungen zur Konservierung bestimmter Objektgattungen abzuleiten und andererseits die Entwicklung der geeigneten Methoden zu forcieren, hat sich vorläufig nicht erfüllt. Die Herausgabe von verbindlichen Konservierungsrichtlinien wäre im jetzigen Zeitpunkt verfrüht, auch wenn sich ein Trend zur einen oder anderen Methode bereits abzeichnet.

Als zeitlicher Ausgangspunkt für die folgenden Überlegungen gilt der 14. April 1978, der Tag, an dem im Labor für fossiles Holz an der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV) alle Proben zur Begutachtung ausgelegt waren.

In allen Form- und Altersbereichen der Hölzer fällt allgemein auf, daß die nicht zu Ende geführte Behandlung mit Carbowax (Polyäthylenglykol) unbefriedigende Resultate zeitigte. Einzig das mittelalterliche Querbrettchen (Abb. 24) erweckt einen guten Eindruck und hat sogar das beste Resultat seiner Serie erbracht. Für prähistorische Hölzer ist die Carbowax-Methode ungeeignet. Die Imprägnationsphase dauert bei einer wirklichen Behandlung äußerst lange, und wenn man den Entwässerungsprozeß durch Austrocknen einleitet, so besteht nach wie vor die Gefahr von Schwundeffekten in Form weit klaffender Risse. Dazu kommen sekundäre Wachausscheidungen, die je nach Lufttemperatur und -feuchtigkeit unterschiedlich stark und lang dauern, was bei einer Ausstellung des Objektes Gegenmaßnahmen erfordert, die ästhetisch störend wirken. Die Carbowax-Methode ist nur bedingt anwendbar, etwa um eine kurze Zeitspanne bis zur Konservierung mit einer anderen Methode zu überbrücken. Die Wachse können teilweise wie-

der herausgelöst werden. Dagegen kann eine allenfalls aufgetretene Deformation des Objektes durch keine andere Methode mehr behoben werden.

Bei den mittels Strahlenpolymerisation gefestigten Hölzern ist der Farbaspekt, gleich wie bei Carbowax, zu dunkel. Eine nachträgliche Bleichung ist aber durchführbar. Der Strahlenpolymerisation scheint aber noch eine besondere Eigenheit anzuhaften: Vormals scharfe Kanten sind nach der Behandlung durchweg leicht abgerundet<sup>54</sup>.

Zur Behandlung von Längsbrettchen (radial geschnittenen oder gespaltenen Hölzern) aus dem Neolithikum und der Bronzezeit scheinen sich Arigal C und sein Ersatzpräparat Lyofix DM (heute durch Lyofix DML verbessert) sowie die Alkohol-Äther-Harz-Methode am besten zu eignen. Letztere Methode hat allerdings in bezug auf die flächige Dimensionstreue weniger günstige Resultate erbracht. Beide Gefriertrocknungsmethoden haben Rißbildungen im Gefolge. Unter allen Versuchsserien erwiesen sich die Eichenhölzer als besonders aufschlußreich. Die Reaktionen zwischen den inneren Stammteilen des – durch seine höhere Festigkeit sowie einer damit gekoppelten größeren Dauerhaftigkeit gekennzeichneten – Kernholzes und dem äußeren Splintholz sind oft ähnlich. Es kommt sehr häufig vor, daß Querrisse im Splint und Längsrisse an der Grenze zwischen Splint und Kern (Abb. 20; 2., 3., 4. Methode) entstehen. Im Kern selbst wurde am Stichtag nur einmal ein längsaxialer Sprung festgestellt (Abb. 19; 2. Methode). In der Praxis wird es viele Spaltbretter und aus solchen gefertigte Objekte zu konservieren geben; deren Dicke dürfte aber oft größer als bei unseren Proben sein.

Für quer geschnittene Bretter eignen sich anhand des Methodenvergleichs Lyofix DM und die Alkohol-Äther-Harz-Methode. Bei den bronzezeitlichen Eichenscheiben zeigte einzig das mit Alkohol-Äther-Harz präparierte Brett (Abb. 23; 3. Methode) keine Risse; alle anderen Methoden bewirkten große Radialrisse. Die Gefriertrocknung mit nachträglicher Harztränkung ergab geschüsselte Brettchen. Die Ursache dieser Deformation scheint bei der Sublimationsphase und der Lage im Vakuumschrank zu liegen, was auch die flachen nach der Carbowax/Gefriertrocknungsmethode konservierten Brettchen bestätigen. Solche Details zeigen, daß gewisse negative Erscheinungen, wie sie im hier vorliegenden Versuch vorkommen, durch die unterdessen gewonnene Erfahrung zum Teil eliminiert werden können. Es kann sich aber auch um kleine Behandlungsunterschiede durch die ausführende Person handeln.

Für die Versuche mit Stammsegmenten («Rugel») wurden leider nur Beispiele von bronzezeitlichen Tannen und Eichen geliefert. In der Praxis wird der größte Teil des anfallenden «Normalholzes» dieser Kategorie morphologisch ähnlich sein. Dabei ist vor allem an die vielen Bauhölzer zu denken, die wie die Pfosten Bearbeitungsspuren aufweisen, aber auch an die (zwar aus Spältlingen

gefertigten) Schäfte. Betrachtet man vorerst die «äusserlichen» Resultate, so fallen sie für die Eiche bei der Alkohol-Äther-Harz-Methode am besten aus, gefolgt von Lyofix und Arigal C.

In Frage kommt auch die Strahlenpolymerisation, wenn Radialrisse in der Längsachse in Kauf genommen werden. Beide Gefriertrocknungsmethoden zeigen feine Querrisse im Splint. Da die Proben auch längsaxial hälftig durchsägt worden sind, läßt sich zudem über das «Innenleben» berichten. Dies scheint wichtig, denn eine Inhomogenität verursacht zwangsläufig Spannungen, die mit der Zeit zu einer Reaktion führen können. Dies trifft vor allem bei den mit Lyofix DM und Arigal C behandelten Eichen zu, wo eine partielle Ablösung des Kerns vom Splint nicht zu verhindern war. Bei der Gefriertrocknung entstehen Radialrisse vor allem im Kern, bei der Strahlenpolymerisation vor allem im Splint. Von solchen unliebsamen Effekten verschont blieb die Probe der Alkohol-Äther-Harz-Methode.

Das bronzezeitliche Tannenholzsegment hat sich etwas anders verhalten. Die Oberflächen der mit Lyofix DM und Arigal C behandelten Proben sind weitgehend einwandfrei. Die Arigalprobe besitzt aber einen Asteinwuchs, der deutlich zeigt, daß dort in bezug auf Spannungsrisse für eine langfristige Konservierung wahrscheinlich eine prekäre Situation entstehen könnte. Auch die Gefriertrocknung nach Carbowaxtränkung ist akzeptabel. Die entsprechende Probe weist aber einen mittelgroßen Radialriß auf. Die Alkohol-Äther-Harz-Probe zeigt dagegen einen ausgeprägten Radialriß. Mehrere solche befinden sich auf dem nur gefriergetrockneten Stück, das überdies auch die kleinen Querrisse aufweist. Das strahlenpolymerisierte Holzstück ist mit einem großen Radialriß versehen. Bei den durchgesägten Proben sieht man beim Lyofixmuster im Innern ausgeprägte Risse und eine Abkapselung der Imprägnation. Das gleiche Resultat zeigt sich beim Arigal C, nur die Imprägnationsabkapselung ist dort etwas geringer.

Von außen gesehen und mit dem Wissen um die innere Struktur der Stammsegmente muß für die Eichenproben der Alkohol-Äther-Harz-Methode der Vorzug gegeben werden, denn die Hohlräume im Lyofix wie im Arigal C sind wohl bei größeren Volumen noch ausgeprägter als bei unseren Proben, die einen Durchmesser von unter 10 cm haben. Bei Objekten, deren Durchmesser 3–4 cm beträgt, dürfte aber die Eindringtiefe von Lyofix DM und Arigal C das Zentrum erreichen.

Wie man sieht, gibt es einzelne Empfehlungskriterien zur Konservierung bestimmter Hölzer in gewissen Situationen. Sie sind jedoch nur für die am Stichtag vorgefundene Situation aussagekräftig. In der Praxis wäre unbedingt ein Langzeitversuch nötig, der zeigen müßte, welche Methode sich auch über einige Jahre hinaus bewährt. Vielleicht wäre gegebenenfalls einem Verfahren, das den Nachteil von wenigen Rissen aufweist, der Vorzug zu geben, denn auf kosmetischem Weg sind Risse meist leicht zu reparieren.

Generell eignen sich offenbar für alle Methoden Hölzer von geringem Volumen besser. Spitzenstücke sollten nach jenen Methoden konserviert werden, die man bereits aus langjähriger Erfahrung kennt. Weniger wichtige Bauhölzer, solche die etwa zur musealen Rekonstruktion eines Bauteiles gebraucht werden, könnte man allenfalls mittels der Strahlenpolymerisation konservieren, wenn nicht wegen des zu großen Gewichtes davon abgesehen werden muß. Die Möglichkeiten der Gefriertrocknung sind noch nicht ausgeschöpft; auch die Alkohol-Äther-Harz-Methode erscheint noch ausbaufähig. Daß der optische Aspekt bei Lyofix nicht ganz befriedigt, mag mehr subjektiv begründet sein; kosmetisch wäre auch hier Abhilfe zu schaffen. Die Strahlenpolymerisation ist noch nicht fertig entwickelt.

Der weitere Fortschritt in der Naßholzkonservierung hängt zum Teil von der besseren Erforschung der Holz-anatomie ab, wozu auch die Biochemie neue Unterlagen liefern müßte.

#### ANMERKUNGEN

<sup>1</sup> R. WYSS, *Rekonservierung und Herstellung einer Kopie der keltischen Monumentalstatue aus Genf*, Jahresbericht des Schweizerischen Landesmuseums 83, 1974, S. 73–74.

<sup>2</sup> P. VOUGA, *La Tène*, Leipzig 1923.

<sup>3</sup> R. PERINI, *La palafitta di Fiaavè-Carera*, *Preistoria Alpina* 11, 1975, S. 25–64. – R. PERINI, *L'abitato palafitticolo di Fiaavè nel periodo del Bronzo medio III*, *Studi Trentini di Scienze Storiche* 55, 1976, S. 13–41. – R. PERINI, *Die Pfahlbauten im Torfmoor von Fiaavè*, *Mitteilungsblatt der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte* 8, 1976, S. 2–12. – R. PERINI, *I legni preistorici*, in: *Restauro ed acquisizioni 1973–1978*, (Ausstellungskatalog Juni–November 1978), Castello del Buonconsiglio – Palazzo delle Albere, Trento 1978, S. 21–25.

<sup>4</sup> Mit Pinsel aufgetragene Araldit-Tränkung: Typ DY 022 mit 32% HY 2996.

<sup>5</sup> Teilgenommen haben: Dir. Dr. H. Schneider, Dr. R. Wyss, Dr. B. Mühlethaler, Dr. J. Bill, W. Kramer und J.Th. Elmer vom Schweizerischen Landesmuseum in Zürich, A. Haas vom Bernischen Historischen Museum in Bern, B. Hug vom Musée cantonal d'Archéologie in Neuenburg sowie PD Dr. F.H. Schweingruber und Dr. O.U. Bräker von der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV) in Birmensdorf.

<sup>6</sup> Teilgenommen haben: PD Dr. F.H. Schweingruber, Dr. O.U. Bräker und W. Schoch von der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Dr. R. Wyss, Dr. B. Mühle-

- thaler, Dr. J. Bill, W. Kramer, J.Th. Elmer und T. Weidmann vom Schweizerischen Landesmuseum, Dr. Chr. Osterwalder und A. Haas vom Bernischen Historischen Museum, Dr. M. Egloff und B. Hug vom Musée cantonal d'Archéologie in Neuenburg sowie C. de Tassigny, A. Ginier-Gillet und M.-D. Deschard vom Centre d'Etudes Nucléaires in Grenoble. An dieser Sitzung wurden auch die Meßergebnisse der Druckprüfung und der Biege-/Bruch-Versuche sowie eine reichhaltige Photodokumentation und ein Versuch einer Taxierungstabelle vorgelegt.
- An einer weiteren Sitzung am 17. März 1978 im Bernischen Historischen Museum in Bern wurden die Proben teilweise nochmals besprochen und auch die Publikation der Ergebnisse vorbereitet. Daran teilgenommen haben: Dr. Chr. Osterwalder und A. Haas vom Bernischen Historischen Museum, Dr. J. Bill vom Schweizerischen Landesmuseum, B. Hug vom Musée cantonal d'Archéologie in Neuenburg, C. de Tassigny vom Centre d'Etudes Nucléaires in Grenoble sowie Dr. O.U. Bräker und W. Schoch von der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen in Birmensdorf.
- <sup>7</sup> A. BURMESTER, *Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit – Grundlagen und Vergütungsverfahren*, BAM-Berichte 4, 1970.
- <sup>8</sup> F. RATHGEN, *Die Konservierung von Altertumsfunden, Teile II und III*, (2. Auflage), Berlin/Leipzig 1924, bes. S. 133–140.
- <sup>9</sup> W. VON STOKAR, *Ein neues Verfahren zur Konservierung von Moorchölzern*, Nachrichtenblatt für Deutsche Vorzeit 1939, S. 145–149.
- <sup>10</sup> T. ZUROWSKI, *Electro-Conservation*, Swiatowit 20, 1948/49, S. 500–508.
- <sup>11</sup> B. BRORSON-CHRISTENSEN, *The Conservation of Waterlogged Wood in the National Museum of Denmark*, Museumstekniske Studier 1, 1960.
- <sup>12</sup> E. VOGT, *Das steinzeitliche Uferdorf Egolzwil 3 (Kanton Luzern)*, Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte 12, 1951, S. 193–215. – *Jahresbericht Schweizerisches Landesmuseum* 61, 1952, S. 13. – W. KRAMER und B. MÜHLETHALER, *Über die Erfahrungen mit der Alkoholäthermethode für die Konservierung von Nassholz am Schweizerischen Landesmuseum*, Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte 25, 1967/68, S. 78–88.
- <sup>13</sup> A. HAAS, H. MÜLLER-BECK und F. SCHWEINGRUBER, *Erfahrungen bei der Konservierung von Feuchthölzern mit Arigal C (CIBA)*, Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums in Bern 41/42, 1961/62, S. 509–537.
- <sup>14</sup> H. EBERT, *Zur Feuchtholzkonservierung*, Arbeitsblätter für Restauratoren ATM 10, 1977, Gruppe 8, S. 78–80.
- <sup>15</sup> R. MORÉN und B. CENTERWALL, *The Use of Polyglycols in the Stabilizing and Preservation of Wood*, Meddelanden fran Lunds Universitets Historiska Museum 1960, S. 176–196.
- <sup>16</sup> R.M. ORGAN, *Carbowax and other Materials in the Treatment of Waterlogged Palaeolithic Wood* Studies in Conservation 4, 1959, S. 96–105.
- <sup>17</sup> E. STADELMANN, *The Use of Mercier's Method of Freezedrying for the preparation of fungi for demonstration*, Proceedings of the IX International botanical Congress Montreal 2, S. 376.
- <sup>18</sup> W. VAN ZEIST, *De mesolithische Boot van Pesse*, Museumsbulletin, Provinciaal Museum van Drenthe, 1956, S. 4–11.
- <sup>19</sup> B. BRORSON-CHRISTENSEN (vgl. Anm. 9). – A.M. ROSENQVIST, *Versuche zur Konservierung von Naßhölzern durch Gefriertrocknung*, Arbeitsblätter für Restauratoren ATM 6, 1973, Gruppe 8, S. 69–74. – W.R. AMBROSE, *Stabilizing degraded swamp Wood by Freeze Drying*, ICOM Committee for Conservation, 4<sup>th</sup> triennial Meeting, Venice 1975, 75/8/4.
- <sup>20</sup> H. MCKERRELL, E. ROGER und A. VERSANYI, *The Aceton/Rosin method for conservation of waterlogged wood*, Studies in Conservation 17, 1972, S. 111–125.
- <sup>21</sup> C. DE TASSIGNY, in diesem Beitrag.
- <sup>22</sup> R.A. MUNNIKENDAM, *Conservation of Waterlogged Wood using Radiation Polymerization*, Studies in Conservation 12, 1967, S.70–75. – R.A. MUNNIKENDAM und TH. J. WOLSCHRIJN, *Further Remarks on the Impregnation of porous Materials with Monomers*, Studies in Conservation 14, 1969, S. 133–135.
- <sup>23</sup> K. BORGIN, *Progress report on evaluating the Thessaloniki Process*, The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration 7, 1978, S. 314–319.
- <sup>24</sup> ICOMOS-Kolloquium Ludwigsburg 1969, *Fragen zur Holzkonservierung*, Deutsche Kunst und Denkmalpflege 27, 1969, S.89–178.
- <sup>25</sup> W.A. ODDY, *Problems in the Conservation of Waterlogged Wood*, Maritime Monographs and Reports 16, 1975.
- <sup>26</sup> Wir danken dem Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung für die finanzielle Unterstützung bei der Beschaffung und Bearbeitung von Proben und der Auswertung der Ergebnisse.
- <sup>27</sup> B. MÜHLETHALER, *Conservation of waterlogged wood and wet leather*, Eyrolles, Paris 1973, 72 S. – W. DZBENSKI, *Kryteria oceny technicznych własności drewna wykopaliskowego*, Zeszyty Naukowe SGGW-Lesnictwo z. 14, 1970. – D. FENGEL, *Chemische und elektronenmikroskopische Untersuchung eines fossilen Fichtenholzes*, Holz als Roh- und Werkstoff 29/8, 1971, S. 305–314. – D. FENGEL, *Fossile Hölzer im Elektronenmikroskop*, Umschau 73/17, 1973, S. 533–534. – H. BEDNAR und D. FENGEL, *Physikalische, chemische und strukturelle Eigenschaften von rezemem und subfossilem Eichenholz*, Holz als Roh- und Werkstoff 32/3, 1974, S. 99–107. – W.A. ODDY, (vgl. Anm. 25). – Y. TRENARD und P. GUÉNEAU, *Sauvegarde des bois historiques ayant séjourné dans l'eau*, Bulletin d'Informations Techniques, Centre Technique du Bois, Nr. 73, 1975, S. 4–5. – YU. V. VIKHROV und V.A. BORISOV, *(The physical properties of archaeological specimens of Pine wood)*, Lesnoi Zhurnal 6, 1975, S. 96–99.
- <sup>28</sup> Die Methode Carbowax konnte aus Zeitmangel nicht bis zur vollständigen Stabilisierung der Proben durchgeführt werden; die Ergebnisse sind daher mit Vorbehalt zu beurteilen.
- <sup>29</sup> B. SCHULZE und G. THEDEN, *Polarisationsmikroskopische Untersuchungen über den Abbau des Werkstoffes Holz durch holzzerstörende Pilze*, Holz als Roh- und Werkstoff 1/14, 1938, S. 548–554. – V. RYPACEK, *Biologie holzzerstörender Pilze*, VEB Fischer, Jena 1966. – F.H. SCHWEINGRUBER, *Mikroskopische Holz Anatomie*, Zürcher AG, Zug 1978, 226 S.
- <sup>30</sup> H. ORTH, *Die Steinzeithölzer von Bad Wollishofen/Schweiz*, Holzforschung 27/3, 1973, S. 96–99. – B. ARNOLD und F. SCHWEINGRUBER, *Etudes archéologiques et botaniques sur les pilotes de la palissade de la station nord d'Auvernier (Lac de Neuchâtel)*, Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles 98, 1975, S. 175–193.
- <sup>31</sup> F. KOLLMANN, *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*, Springer, Berlin 1951.
- <sup>32</sup> Vgl. auch K. BORGIN, G. TSOUMIS und C. PASSIALIS, *Density and Shrinkage of Old Wood*, Wood Science and Technology 13, 1979, S. 49–57.
- <sup>33</sup> H. MÜLLER-BECK und A. HAAS, *Holzkonservierung mit Arigal C (Ciba)*, Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums in Bern 37/38, 1957/58, S. 260–271.
- <sup>34</sup> A. HAAS, *Erfahrungen und Prüfungsergebnisse zur Feuchtholzkonservierung mittels Arigal C*, Zeitschrift für Museumstechnik, «Der Präparator» 10, 1964, S. 113–118. – A. HAAS, *Weitere Fortschritte bei der Konservierung von Feuchthölzern mit Arigal C (Ciba)*, Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums in Bern 45/46, 1965/66, S. 485–488. – A. HAAS, H. MÜLLER-BECK und F. SCHWEINGRUBER (vgl. Anm. 13).
- <sup>35</sup> Beschreibung in A. HAAS (vgl. Anm. 34).
- <sup>36</sup> Zitiert in A. HAAS (vgl. Anm. 34).
- <sup>37</sup> Vgl. Anm. 13.
- <sup>38</sup> A. HAAS, *Weitere Fortschritte bei der Konservierung mit Arigal C*, Arbeitsblätter für Restauratoren ATM 2, 1969, Gruppe 8, S. 16–20.

- <sup>39</sup> B. BRORSON CHRISTENSEN, *Om konservering af mosefundne Traegenstande*, Aarbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie, 1951, S. 22–55.
- <sup>40</sup> W. KRAMER und B. MÜHLETHALER (vgl. Anm. 12).
- <sup>41</sup> Vgl. Anm. 25.
- <sup>42</sup> J. TH. ELMER, *Die Gefrier Trocknung neolithischer Gewebe und Geflechte*, Arbeitsblätter für Restauratoren ATM 6, 1973, Gruppe 10, S. 17–22.
- <sup>43</sup> L. BARKMAN, *Konservering von Holz des Kriegsschiffes Wasa*, Deutsche Kunst und Denkmalpflege 27, 1969, S. 138–146. – W. KRAMER und B. MÜHLETHALER (vgl. Anm. 12). – B. MÜHLETHALER, *Über den heutigen Stand der Feuchtholzkonservierung*, Deutsche Kunst und Denkmalpflege 27, 1969, S. 111–116.
- <sup>44</sup> Vgl. Anm. 42.
- <sup>45</sup> A. M. ROSENQVIST (vgl. Anm. 19).
- <sup>46</sup> W. R. AMBROSE (vgl. Anm. 19).
- <sup>47</sup> Nach einem kurzen Bleichbad wurden die Probehölzer in ein etwa 4faches Volumen von Polyäthylenglykollösung (5% PEG 400, 5% PEG 1000, 0,5% eines Gemisches von 7 Teilen Borax und 3 Teilen Borsäure, Rest Wasser) bei 40 °C konstanter Temperatur eingelegt. Nach 2 Wochen ein Zusatz von 5% PEG 1000. Nach einer weiteren Woche frische Lösung von gleicher Zusammensetzung, die nach 2 Tagen um weitere 5% PEG 1000 angereichert wurde. Für etwa 1 Monat wurden die Proben in dieser Lösung belassen. Ein letztes Bad wurde für die nun nach Zeitepochen getrennten Hölzer angesetzt, wobei die Konzentration um weitere 5% PEG 1000 (für die bronzezeitlichen Proben um zusätzliche 5% PEG 400) erhöht wurde. In dieser Lösung lagen die Proben nun rund 3 Monate.
- <sup>48</sup> Vgl. Anm. 15.
- <sup>49</sup> Vgl. Anm. 24, bes. S. 130–146.
- <sup>50</sup> Verschiedene Autoren in W. A. ODDY (vgl. Anm. 25). – J. DE JONG, *Conservation Techniques for Old Waterlogged Wood from Shipwrecks found in the Netherlands*, in: H. A. WALTERS, *Biodeterioration Investigation Techniques*, Essex Applied Science Publishers, 1977, S. 295–338. – J. DE JONG, *The Conservation of Shipwrecks*, ICOM Committee for Conservation, 5<sup>th</sup> Triennial Meeting, Zagreb 1978, 78/7/1/1–10.
- <sup>51</sup> W. KARNER und K. VYMAZAL, *Konservering von Nafholz*, Fundberichte aus Österreich 16, 1977, S. 159–172.
- <sup>52</sup> G. DE GUICHEN, T. GAUTMANN, B. MÜHLETHALER, *Méthode de conservation du bois provenant de cités lacustres par diffusion d'un monomère et polymérisation par rayonnement gamma*, Thèse Ecole polytechnique de Lausanne, 1966. – B. DETANGER, R. RAMIERE, C. DE TASSIGNY, R. EYMERY, L. DE NADAILLAC, *Application de techniques de polymérisation au traitement des objets en bois gorgé d'eau*, International Conference on Application of Nuclear Methods in the field of work of Art, Venice (24–26 mai 1973), Accademia nazionale dei Lincei, Rome 1976.
- <sup>53</sup> R. A. MUNNIKENDAM (vgl. Anm. 22).
- <sup>54</sup> C. DE TASSIGNY teilt dazu mit, daß bei der Probenserie nicht auf die Erhaltung der Kanten geachtet worden sei. Bei Objekten mit wichtigen Bearbeitungsspuren würde aber die Behandlung so geändert, daß dieser nachteilige Aspekt eliminiert wird.

#### ABBILDUNGSNACHWEIS

- Abb. 1, 31–35: Schweizerisches Landesmuseum, Zürich  
 Abb. 2–6, 8–24: Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf  
 Abb. 7: Institut für mikrotechnologische Holzforschung, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich (A. Hirzel)  
 Abb. 25–27: Bernisches Historisches Museum, Bern  
 Abb. 28–30, 36: Musée cantonal d'archéologie, Neuenburg  
 Abb. 37–38: Commissariat à l'Energie Atomique, Centre d'Etudes Nucléaires, Grenoble