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

Herausgeber: Schweizerisches Nationalmuseum

Band: 36 (1979)

Heft: 2

Artikel: Die verschiedenen Methoden der Nassholzkonservierung

Autor: Elmer, Jörg Th.

Kapitel: 4: Die Gefriertrocknungsmethode

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-167224

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

größten Bassins, die sich in unseren Vakuumbehälter einschieben lassen, ergeben Maximalnutzflächen von 1,10 × 1,60 m und eine Nutzhöhe von unter 0,20 m oder 0,75 × 1,60 m (bei einer Bruttohöhe von 0,75 m).

Der Wasseraustausch mit Alkohol und Äther bietet keine Schwierigkeiten, und das Eindringen der Harzlösung ist für durchschnittlich abgebaute Hölzer im wesentlichen eine Zeitfrage. Trotzdem lassen sich Unterschiede nach Holzarten erkennen. Die Eiche scheint weniger zur Harzaufnahme geneigt als zum Beispiel die Esche (abgesehen von den Nadelhölzern, bedingt durch ihren geringeren Abbaugrad). Über die Verteilung des Harzes in der Holzzelle geben elektronenmikroskopische Aufnahmen Auskunft[41]. Die Idealaufnahme an Harz/Öl beträgt für ein durchschnittliches Laubholz 40% des Naßgewichtes. Die Gewichte getrockneter Hölzer sollen also (mit kleinen Abweichungen) je nach Abbaugrad mit 2,5 multipliziert das Naßgewicht ergeben. Dieser Kontrollfaktor basiert auf einem Wassergehalt von etwa 85%.

Die Fragilität der mit der Alkohol-Äther-Harz-Methode konservierten Naßhölzer ist bekannt; man muß sie als solche erkennen und in Berücksichtigung ziehen. Erhöhte Vorsicht ist bei Transporten und bei Halterungen in der Schausammlung geboten.

Soviel mir bekannt ist, stößt die nachträgliche Bestimmung der Holzart auf keine besonderen Schwierigkeiten, ebenso ist die dendrochronologische Altersbestimmung unter Beachtung möglicher Fehlerquellen durchführbar.

Die Methode bietet weitere Verbesserungsmöglichkeiten.

Die ^{14}C-Methode an konservierten Hölzern durchführen zu wollen, scheint mir illusorisch zu sein. Dagegen ist die Methode weiterentwicklungsfähig. Leider fehlten bisher Motivation sowie Zeit und Mittel.

Wirtschaftliche Kriterien

Ein Kleingegenstand kann bei Anwendung von Vakuum in 2 Wochen konserviert werden. Das abgekürzte Verfahren ist jedoch nicht üblich. Der Zeitaufwand für die Konservierung eines mittelgroßen Objektes, wie zum Beispiel einer Holzschale oder eines Axtschaftes, erstreckt sich normal – von der Bleichung bis zur Vakuumtrocknung – auf minimal 7 Wochen. Die Kosten für Alkohol, Äther und Harzlösung betragen Fr. 1.40, 4.90 und 8.— je Kilo. Bei der Faustregel «Vierfaches Volumen des Naßholzes an Alkohol und Äther bzw. das Doppelte an Harzlösung» ergeben sich zusammen mit dem Energieaufwand für die elektrischen Installationen (ohne Arbeit) Kosten von rund Fr. 50.— je kg Naßholz. Der personelle Aufwand ist in dieser Phase relativ gering und steigt bei der Aufarbeitung der oft unvollständigen und in Fragmenten vorliegenden Artefakten.

Die Erfolgsquote der Methode ist hoch. Relative Mißerfolge sind bei starkem Dichtewechsel oder bei ungenügender Konzentration und Diffusion der Harzlösung möglich. Nicht übersehen werden soll der größere Längsschwund.

Die Gefährlichkeit des Arbeitsplatzes ist nicht zu unterschätzen. Hinzu kommt die belästigende Wirkung der Alkohol- und Ätherdämpfe (trotz Schutzvorrichtungen).

Der Neuwert der Installationen ohne Gebäude übersteigt Fr. 20000.—.

4. Die Gefriertrocknungsmethode

von Jörg Th. Elmer

Die Gefriertrocknung bildet eine der zahlreichen Möglichkeiten, ein Naßobjekt in den trockenen Zustand zu überführen. Über die Vor- und Nachteile dieser Zustandsveränderung soll weiter unten ausführlich berichtet werden. Die nachfolgende Beschreibung vermittelt eine Kurzfassung der Methode und eine Aufzeichnung von Erfahrungswerten.

Seit Mai 1967 bin ich mit der Gefriertrocknung von neolithischen Geflechten und Geweben beschäftigt[42]. Die damit erzielten Erfolge ermunterten mich auch, Naßhölzer mit derselben Methode zu entwässern. Die bisherigen Fundobjekte waren wie die Naßhölzer ebenfalls vielfach aus mehreren verschiedenen Substanzen zusammengefügt. Dies betrifft beispielsweise: mit Holz oder Rinde geschäftete Messer, eingekittet mit Birkenpech (Abb. 34); Pfeilspitzen, von Holzfragmenten des Pfeilschafts umgeben; scheidenartige Taschen aus Rinde und Bast; mit Birkenrinde und Bast umwickelte Steine; eine Großzahl von Korbfragmenten (Abb. 35).

Das sind alles Objekte, bei denen die kontraktionsfreie Entwässerung und Konservierung Probleme aufwirft. Institutsinterne Gründe forderten ein sorgfältiges Abtasten bei der Holzkonservierung. Großobjekte schieden durch ihr Ausmaß aus, Objekte, bei denen die Substanz eindeutig war, ebenfalls.

Das Probematerial, das wir für den Konservierungsvergleich erhielten, wurde weitgehend von unserem Stagiaire, Herrn Th. Weidmann, bearbeitet. Um ein unverfälschtes Bild zu erhalten, wurde keine besondere Sorgfalt angewendet. Die Arbeit erfolgte in einer sehr kurzen

Abb. 34 Charavines (Département Isère, Frankreich), «Les Baigneurs». Grabung 1974. Saône-Rhône-Kultur. Dolch mit Rotbuchenknauf, Umwicklung aus Weißtannenästchen. Maßstab 1:1. Gefriertrocknung, 1974.

Zeitspanne und mit ebenso geringem Aufwand. Eine Reinigung der Proben bzw. ein Bleichbad oder ähnliches wurde nicht angewendet. Aus Erfahrung wissen wir, daß die Gefriertrocknung nichts anderes ist, als das zu Eis gefrorene Wasser bei weniger als 0 °C zu verdampfen bzw. zu sublimieren; noch einfacher gesagt ist es nur ein Trocknungsvorgang. Nun gibt es aber kaum ein prähistorisches Fundobjekt, das ohne Konservierungsmittel aufbewahrt werden kann. Das Eindringen solcher Verfestiger geschieht beim Gefriertrocknen mit Vorteil in nassem Zustand. So wurden unsere Testhölzer in eine 8-%-Lösung von PEG 400 gelegt. Dieses Polyäthylenglykol hat die Aufgabe, die Expansion beim Gefrieren zu verringern und die Restfeuchtigkeit im Holz zu erhöhen. Entsprechende Versuche haben gezeigt, daß bei der nachfolgenden Sublimation etwa die Hälfte des PEG 400 mitgerissen und der Gefrierpunkt des Wassers gesenkt wird. Je nach Erhaltungszustand des Holzes können andere Konservierungsmittel beigefügt werden. Die Kriterien dazu sind Niedermolekularität, Wasserlöslichkeit und Alterungsbeständigkeit. Eine Diffusion durch die Zellwände, also ein Vordringen in die innerzellularen Strukturen, ist ein sehr langsamer Vorgang, der unter Zuhilfenahme von Wärme beschleunigt werden könnte. Das Einfrieren der Testhölzer erfolgte ohne Vorkühlung in einer gewöhnlichen Haushalttiefkühltruhe. Volumenmäßig dürften alle Hölzer zusammen die oberste Grenze erreicht haben, um gleichzeitig in kürzester Zeit die Temperatur von 0 °C bis —30 °C zu durchlaufen. Versuche haben nämlich ergeben, daß bei einer 240 l fassenden Tiefkühltruhe 9 Bechergläser (von total 3,6 l Inhalt), mit verschiedensten polaren Flüssigkeiten gefüllt, 20 Stunden benötigen, um die übliche Temperatur von —30 °C wieder zu erreichen. Das Einfrieren selbst ist ein sehr wichtiger Arbeitsvorgang, weil in dieser Phase Querrisse entstehen können. Wünschenswert wäre es, wenn kleine Objekte in große leistungsfähige Kühlkammern gelegt werden könnten, in denen es sogar möglich ist, durch besondere Einbauten die Leitfähigkeit zu erhöhen. Die eigentliche Sublimation erfolgte in unserem großen Rezipienten. Dieser Kessel besteht aus rostfreiem Stahl V2 und wiegt etwa 150 kg. Bei den vorliegenden Testhölzern genügte diese Masse, um die im Innenraum frei werdende Energie abzutauen. Wenn wir den Rezipienten mit mehr als etwa 5 kg Gefriergut bestücken, muß die entstehende Verdunstungskälte durch Wärme ausgeglichen werden. Der Eiskondensator im Innenraum hat eine Temperatur von ca. —50 °C bis —60 °C, er sollte etwa 20 °C kälter sein als das Gefriergut; dies wäre das erwünschte 10fache Druckgefälle. Um dieses Druckgefälle mehr oder weniger konstant zu halten, ist im Pumpsystem ein Steuergerät eingebaut, das den Torr-Druck in unserer Anlage konstant zwischen 0,5 und 1 Torr hält.

Nach etwa 3 Tagen waren die Testhölzer getrocknet. Nach Abschluß der Sublimation befanden sich die Fund-

objekte in einem trockenen Zustand. Die Schlußbehandlung kommt einer Kosmetik gleich; sie dient gleichzeitig auch als Barriere, um die Alterung bzw. Veränderungen zu verzögern. Die Testhölzer wurden mit Araldit-Imprägnierharz angestrichen. Damit konnte eine Festigung im trockenen Zustand erreicht werden.

Die vorliegende Untersuchung gibt keinen Aufschluß über die Vorgänge im innerzellularen Bereich. Längst bekannt sind viele andere Naßholzkonservierungsmethoden, die unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren zu einem Erfolg führen. Fehler, die in der Gefriertrocknung immer wieder gemacht werden, zeigen, daß die Methode meist unterschätzt wird. Fünf Punkte sind notwendigerweise immer wieder zu beachten:

1. Das Einlegen des Fundobjektes dauert zu kurz, oder das Molekulargewicht des Konservierungsmittels ist zu groß, als daß dieses in die Hohlräume des Objektes eindringen kann. Wärmezufuhr wäre wünschenswert!

2. Die Zeitspanne des Einfrierens ist zu lang, die Vorkühlung ungenügend. Ferner ist es möglich, daß die Tiefkühltruhe leistungsmäßig nicht in der Lage ist, die plötzlich anfallende Wärme in kurzer Zeit abzuführen. Eine zusätzliche Kühlung durch Trockeneis wäre wünschenswert.

3. Ungenaue Kontrolle, ob der Trocknungsvorgang, das heißt die Sublimation, tatsächlich beendet ist. Kleine Reste von Eiskristallen können zu großen Schäden am Objekt führen.

4. Die Sublimation bedeutet für das Kulturobjekt eine Zustandsveränderung, die durch hohe physikalische Kräfte erreicht wird. Ist der Verlauf der Sublimation und die Druckausgleichung sehr kurz, das heißt nur einige Stunden, so sind große Spannungen im Makrobereich zu erwarten.

5. Wird dem Kulturgut vor dem Einfrieren kein Konservierungsmittel beigegeben, so hat dies nach der Sublimation zu erfolgen. Gefriergetrocknete Holzobjekte verändern sich an der Luft infolge der erneuten Wasseraufnahme sehr schnell und können zerfallen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß möglichst schlecht erhaltene, stark abgebaute Naßobjekte mit der Gefriertrocknungsmethode sehr erfolgreich gefestigt und konserviert werden können. Sind die Hölzer in polar gelöstem Konservierungsmittel behandelt worden, so sind sie jederzeit in den Naßzustand zurückzuführen. Mittelalterliche Grabfunde aus Moderholz zeigten bei der zweiten Sublimation bedeutend weniger Kontraktion, so daß sie unseren hohen Ansprüchen genügten. Die Behandlung vieler prähistorischer Naßfunde, die seit 1972 an unserem Institut von mir persönlich konserviert wurden, verlief erfolgreich.

Es sind jetzt positive Ansätze vorhanden, die Vorgänge im innerzellularen Bereich zu erforschen. Es dürften uns die noch fehlenden Angaben geliefert werden, die zu einer Weiterentwicklung der Gefriertrocknung nötig sind. Damit könnte die Erfolgsquote auf größere Objekte, soweit dies die jeweilige Anlage erlaubt, ausgedehnt werden. Mit der Überführung eines Naßobjektes in einen trockenen Zustand ohne Mediumswechsel wird dem Restaurator eine Möglichkeit mehr geboten, die Alterung von Kulturgut zu bremsen. Ohne die gründliche Kenntnis der Methode wird man allerdings viele Mißerfolge einstecken müssen.

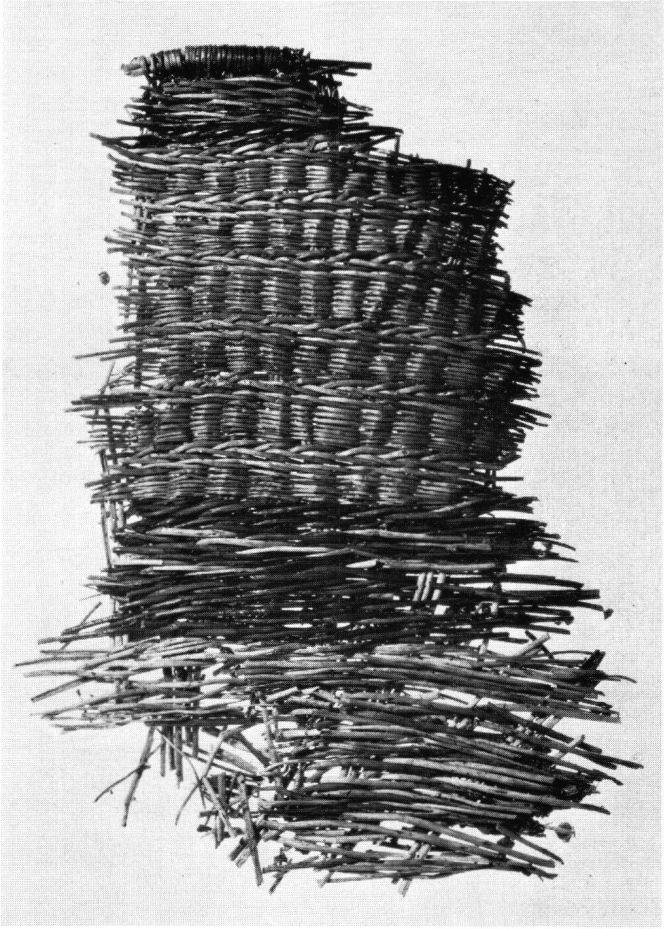

Abb. 35 Auvernier NE. Spätbronzezeit. Korbfragment mit verschiedenen Flechtmustern und zweifarbigen Ruten. Höhe 24,5 m. Gefriertrocknung mit nachträglicher Epoxydharztränkung.

Die Gefriertrocknung ist wirtschaftlich tragbar und risikoarm, da sie mit Leichtigkeit rückgängig gemacht werden kann. Die Investitionskosten sind gering, da die dazu benötigten Anlagen meist schon in einem Konservierungsbetrieb vorhanden sind. Durch das Gefrieren werden die zerbrechlichsten Fundstücke mechanisch fest und daher bearbeitbar. Die vielen Vorzüge mögen ein Grund dafür sein, daß sich die Methode immer mehr durchsetzt, wenigstens in den mir bekannten Konservierungswerkstätten. Da auch weiterhin das anfallende Fundgut sehr unterschiedlich sein wird, müssen stets mehrere verschiedene Konservierungsmethoden geprüft und nebeneinander angewandt werden müssen.