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: Hug, Beat

Kapitel: 5: Die Methode Carbowax (PEG) / Gefriertrocknung

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: 12.07.2025

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

5. Die Methode Carbowax (PEG) / Gefriertrocknung

von Beat Hug

Einleitung

Die seit 1975 in Neuenburg durchgeführte Gefriertrocknungsmethode beruht auf den Grundlagen von verschiedenen Publikationen[43], im speziellen derjenigen von J. Th. Elmer[44] und A. M. Rosenqvist[45]. Viele mündliche Informationen durch die Herren J. Th. Elmer und W. Kramer vom Landesmuseum in Zürich haben mitgeholfen, unsere Methode zu verfeinern. Modifikationen haben wir selber empirisch erarbeitet (Abb. 36).

Methodenbeschreibung

Vorbehandlung

Reinigung mit Dusche oder Wasserpistole unter Zuhilfenahme von weicher Bürste oder Pinsel.

Dokumentation: Karteikarte ausfüllen, messen, wägen, photographieren oder zeichnen.

Bleichbad: Einlegen der sauberen Objekte in ein Wasserbad mit je 4‰ Zusatz von Perhydrol und Ammoniak.

Idee: Da die Hölzer durch die nachfolgende PEG-Tränkung (PEG = Polyäthylenglykol) und durch die Schlußbehandlung mit Wachs dunkler werden, müssen sie mit einem Bleichbad zuerst aufgehellt werden.

Bleichbad nach 2–3 Tagen erneuern.

Nach etwa einer Woche werden die in der äußersten Schicht gebleichten Objekte in etwa 60 °C warmen Wasserbädern gespült. Diese warmen Bäder werden an den folgenden 2 Tagen mehrmals gewechselt.

Nach guter Wässerung werden die Hölzer ein letztes Mal in ein etwa 80 °C heißes Wasserbad gelegt. Nach kurzer Zeit, wenn die Hölzer die Badtemperatur angenommen haben, werden sie herausgenommen, leicht abgetrocknet und auf Zellstoff gelegt, damit während rund 5 Minuten das Oberflächenwasser abdampfen kann. Dann werden die noch warmen Hölzer in das vorher zubereitete PEG-Bad eingelegt. Das PEG-Bad besteht aus 15% PEG 400 und reinem Wasser. Als Fungizid wird dem Bad eine Lösung von Borsäure und Borax (1% bezogen auf das PEG) im Verhältnis 7:3 zugesetzt.

Beispiel für 10 l Badlösung:
1,5 kg PEG 400, 8,5 l reines Wasser, 10,5 g Borsäure, 4,5 g Borax.

Als Badgefäße werden Kunststoffbehälter verwendet.

Idee: Nach dem kontrollierten Antrocknen der Oberfläche kann die PEG-Lösung leichter in diese Zone eindringen. Zusätzlich durch den Wärmeunterschied zwischen den warmen Hölzern und dem kalten Bad muß auch ein schnellerer Austausch des Quellwassers mit der Badlösung stattfinden.

Während der mindestens 1 Monat dauernden PEG-Tränkung werden die Hölzer wöchentlich dem Bad entnommen, das Bad auf 50–60 °C erwärmt und die kalten Hölzer wieder eingelegt.

Idee: Besserer Austausch des Quellwassers mit der Badlösung.

Konservierung

1. Nach mindestens 1 Monat PEG-Tränkung entnimmt man die Objekte dem Bad, lässt sie kurz abtropfen und legt sie zum Einfrieren in die etwa —25 °C kalte Kühltruhe.
2. Mindestens 24 Stunden später kann der Trocknungsprozeß in der Gefriertrocknungsanlage beginnen.

Unsere Anlage besteht aus einem umgebauten Vakuumtrockenschrank Heraeus RTV 500, einer Drehschieberpumpe Leybold trivac D 16A und einem speziell von der Firma M. Hämmerle in Winterthur angefertigten Kondensator.

Der Arbeitsdruck beträgt 0,2–1,2 Torr, und die Kondensatortemperatur beträgt etwa —50 °C.

3. Nach etwa ½ Tag wird der Trocknungsprozeß unterbrochen, das heißt, die Hölzer werden der Anlage entnommen und zum Auftauen in Kunststoffbeutel eingepackt. Das Einpacken erfolgt, damit die Hölzer nicht weiter trocknen können.
4. Die aufgetauten Hölzer werden erneut in 15prozentige PEG-Lösung eingelegt und während etwa 2 Stunden unter Vakuum von rund 100 Torr gebracht.

Idee: Die im Teiltrocknungsprozeß getrocknete Oberfläche kann sich nun mit PEG-Lösung vollsaugen, wodurch die Haarrisse vermindert werden. Die Hölzer müssen vor dem Einlegen aufgetaut sein, da sonst Spannungsrisse entstehen können.

5. Nach etwa 2 Tagen PEG-Tränkung wird wie unter Punkten 1 und 2 weitergefahren.
6. Nach einem Tag Trocknungsprozeß werden die Punkte 3–5 wiederholt.
7. Die nun 3mal mit PEG getränkten Hölzer werden nach eintägigem Trocknungsprozeß der Anlage entnommen und zum Auftauen eingepackt. Nach dem Auftauen werden sie erneut in der Kühltruhe eingefroren.

Idee: Das Quellwasser im Zentrum eines Objektes kann sich nach dem Auftauen in die schon trockene Randzone verteilen, wodurch Spannungen ausgeglichen werden können.

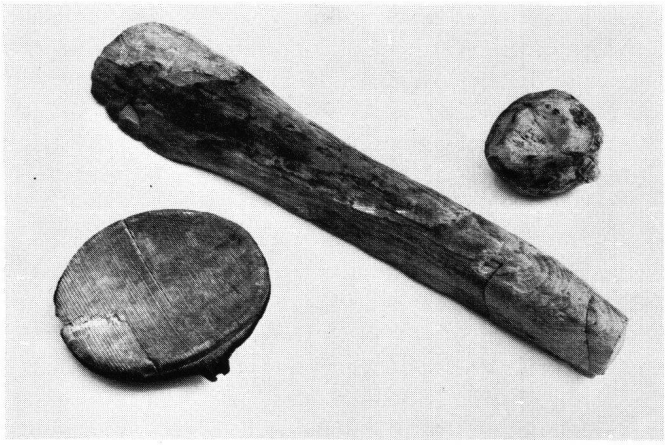
8. Nach mindestens 24 Stunden kann der Trocknungsprozeß weitergeführt werden.
9. Nach 2 Tagen wird der Trocknungsprozeß ein letztes Mal wie bei Punkt 7 unterbrochen. Anschließend wird die Gefriertrocknung bis zur Vollständigkeit durchgeführt.

10. Der Abschluß des Trocknungsprozesses wird dadurch bestimmt, indem die Hölzer täglich zur Gewichtskontrolle der Anlage entnommen werden. Wenn 2 sich folgende Messungen das gleiche Resultat auf das Zehntelgramm genau ergeben, also die Gewichtskonstanz erreicht ist, darf ein Objekt als trocken gelten. Die nun praktisch 100prozentig trockenen Hölzer nehmen sofort Feuchtigkeit aus der Luft auf und darum an Gewicht zu.

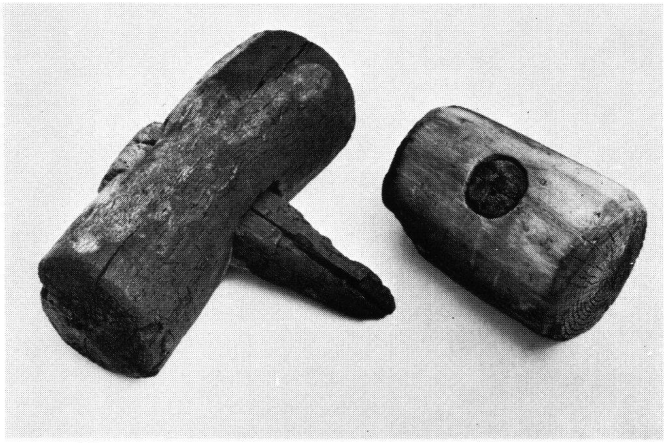
Schlußbehandlung

Die trockenen Objekte werden während ein paar Tagen an die für den späteren Aufbewahrungsort gültige Luftfeuchtigkeit gewöhnt: etwa 50% relative Feuchtigkeit.

Gebrochene Hölzer werden mit Zelluloseklebstoff (Uhu-hart) geklebt und eventuell mit einer Mischung aus Modellgips und Weißleim ergänzt.



10 cm



10 cm

Abb. 36 Oben rechts: Auvernier NE, Brise-Lames. Grabung 1974. Saône-Rhône-Kultur, Stufe Lüscherz. Rohling einer Tasse aus einem Ahorn-Maserknollen. Gefriertrocknung nach Carbowax-Vorbehandlung, 1978. Übrige Gegenstände: Auvernier NE. Grabungen 1971–1975. Spätbronzezeit. Ruder aus Esche, Deckel aus Fichte, linker Hammer aus Buche mit Eichenstiel und rechter Hammer aus Esche mit Haselstiel. Gefriertrocknung nach Carbowax-Vorbehandlung, 1977/78.

Beschriftung der Objekte (Inventarnummer usw.).

Eigentliche Schlußbehandlung, das heißt Festigung und zugleich Schutz gegen zu hohe Luftfeuchtigkeitsschwankungen.

Verflüssigter mikrokristalliner Wachs wird auf das kalte Holz aufgepinselt, wo es sich, eine Schicht bildend, verfestigt. Damit läßt sich ein gleichmäßiger und lückenloser Auftrag kontrollieren. Nun wird mit der Infrarotlampe oder der Heißluftpistole die Wachsschicht verflüssigt, damit sie vom Holz aufgesogen werden kann.

Idee: Da die Hölzer durch den starken Abbau meistens eine zu geringe Eigenfestigkeit aufweisen, müssen sie nach dem Trocknungsprozeß verfestigt werden. Gemäß dem obersten Grundsatz, daß eine Behandlung wenn immer möglich rückgängig gemacht werden kann, verfestigen wir unsere reversibel getrockneten Hölzer auch mit einem reversiblen Verfestigungsstoff. Da organische Stoffe (Hölzer usw.) immer hygroskopisch bleiben, wählten wir kein hartes, versprödendes Harz, sondern ein zähelastisches Wachs. Damit können kleine Volumenveränderungen im Zusammenhang mit Luftfeuchtigkeitsschwankungen rißfrei ausgeglichen werden.

Es gibt aber Fälle (zum Beispiel Axtschäfte), wo mit Wachs keine genügend große Festigkeit erreicht wird und wir hierbei auf die von J. Th. Elmer in dieser Publikation beschriebenen Harzverfestigung ausweichen. Wenn immer möglich nehmen wir aber der Reversibilität zuliebe eine geringere Festigkeit in Kauf und behandeln mit Wachs. Mit dem Einwachsen stellen wir auch eine Schranke gegen zu hohe Luftfeuchtigkeitsaufnahme her, da sonst Schäden (wie bei nichtkonservierten, getrockneten Objekten) entstehen. Das Einwachsen soll, wie erwähnt, bei derselben Luftfeuchtigkeit stattfinden wie am späteren Aufbewahrungsort. Damit entfällt die Angleichung, welche Sekundärschäden (Risse) hervorrufen kann.

Einfärben der Ergänzungen mit in Sangayol angeriebenen Farbpigmenten.

Dokumentation der fertig konservierten Hölzer. Vergleich mit den Daten vor der Konservierung.

Grenzen der Methode und spezielle Probleme

Probleme, die mit einzelnen Holzarten zusammenhängen, haben wir bis heute keine beobachtet. Hingegen treten solche bei unterschiedlichem Holzabbau, bei Dichteunterschieden (Splint-Kern), bei Ästen und verkohlten Partien auf. An diesen Stellen ist mit Rissen zu rechnen. Rinde kann sich ablösen, läßt sich aber meistens problemlos zurückkleben.

Im Gegensatz zu anderen Konservierungsmethoden gibt es beim gleichzeitigen Vorhandensein von anderen Materialien zusammen mit Holz fast keine Probleme. Wahrscheinlich ist die Gefriertrocknung die ideale und vielfach auch die einzige mögliche Methode zur Konser-

vierung solcher Objekte. Je nach Materialart (zum Beispiel bei Schnüren aus Pflanzenfasern) muß das zur Vorbehandlung gehörende Bleichbad weggelassen werden, da sich die entsprechenden Materialien dabei auflösen können. Probleme kennen wir auch im Zusammenhang mit Horn und Knochen. Mit Versuchen werden aber auch diese zu lösen sein.

Die Dimensionstreue zum Fundzustand ist schwer zu beurteilen, da der Fundzustand meistens aus Bruchstükken besteht. Wenn wir unsere Resultate des zu dieser Publikation durchgeführten Reihenversuches vergleichen, können wir feststellen, daß vereinzelt Volumenveränderungen aufgetreten sind: Bei den Eichenproben betrug der Schwund in tangentialer bis 4 %, in radialer Richtung bis 2 %, hingegen waren keine Maßveränderung in Längsrichtung (Faserrichtung) meßbar. Bei den anderen Holzarten (Tanne usw.) ist eher eine Tendenz zur Quellung feststellbar, und zwar in Faser- und tangentialer Richtung je um 2 %.

Gefriergetrocknete, noch nicht verfestigte Objekte sind meistens flexibel. Deformierungen, die vor oder während der Konservierung eingetreten sind, können vor der Verfestigung korrigiert werden. Das Zusammenfügen von konservierten Einzelteilen mit Zelluloseklebstoff ist sehr leicht möglich.

Eine Nachkonservierung ist, da für die Konservierung reversible Materialien verwendet werden, sehr gut möglich. Die theoretische Reversibilität der Methode fällt aber dahin, wenn bei der Schlußbehandlung ein unlösliches Harz an Stelle von Wachs verwendet wird.

Zur Rißbildung gibt es keine allgemein gültige Regel. Bei Eichenholz treten oft Radialrisse bis zum Zentrum auf; bei Tannenholz sind Tangentialrisse entlang den Jahrringen zu beobachten. Fast mit Sicherheit treten Risse bei Dichtegrenzen (Kern-Splint) auf, und vorhandene Risse vergrößern sich. Ist die Oberfläche zu mager mit PEG getränkt, treten Haarrisse auf. Die Rißbildung dürfte auch mit dem Stammsektor zusammenhängen, aus dem das Objekt herausgearbeitet wurde. Um diese Tendenzen abzuklären, sind noch weitere Reihenuntersuchungen durchzuführen.

Dem Skeptiker muß entgegengehalten werden, daß bei jeder Konservierungsmethode mit Rissen zu rechnen ist. Das vielleicht größere, aber nicht bewiesene Risiko der Rißbildung bei der Gefriertrocknung ist mit der fast totalen Reversibilität des Konservierungsprozesses mehr als wettgemacht. Entstandene Risse sind meist leicht zu restaurieren. Bei teilweisen Fehlresultaten fehlen immer die Vergleiche, ob mit einer anderen Konservierungsmethode ein besseres Resultat erzielt worden wäre. Auch in der Holzkonservierung besteht das übliche Dilemma der Konservierungstechnik: Man weiß im Nachhinein selten, was geschehen wäre, wenn man anders oder überhaupt nicht konserviert hätte. Um das Risiko einer Zerstörung zu verkleinern, entscheidet man sich für eine bestimmte Konservierungsmethode, weiß aber nicht mit Sicherheit, inwieweit eine Konservierung überhaupt notwendig war. Nichtkonservierte Objekte in unseren Sammlungen geben ein unterschiedliches Bild; das Nichtkonservieren hat aber meist irreversible Schäden verursacht.

Die Oberflächenverletzbarkeit während der Konservierung ist sehr gering, da die Objekte – selber auf einer Unterlage liegend – nicht manipuliert werden müssen. Hingegen können Verletzungen bei der Vor- und Schlußbehandlung entstehen.

Da die konservierten Objekte meistens eine weiche Oberfläche aufweisen, verlangen sie eine entsprechend sorgfältige Behandlung. Dies soll kein Grund sein, sich von der Gefriertrocknungsmethode mit anschließender Wachsverfestigung zu distanzieren, denn bei Glas, Keramik usw. ist die sorgfältige Behandlung ja auch selbstverständlich!

Oberflächliche Ausscheidungen können bei ungünstiger Lagerung (Wärmequellen, Sonne) durch das Ausschwitzen des bei der Schlußbehandlung aufgetragenen Wachses erfolgen.

Da das Holz nach dem Ausgraben meist eine oxidative Dunkelfärbung erhalten hat, wird zur Erzielung einer ästhetischeren Holzfarbe bei der Vorbehandlung eine Bleichung durchgeführt. Diese Bleichung ist auch nötig, da die konservierten Objekte durch die PEG- und Wachsbehandlung ein dunkles Aussehen bekommen. Gebleichte Hölzer erhalten durch dieses Nachdunkeln eine ästhetische Holzfarbe. Sollte ein bestimmter Farbton gewünscht sein, ist es möglich, das Wachs zur Schlußbehandlung mit Farbpigmenten abzutönen, was wir aber nie praktiziert haben.

Alterungsverhalten

Die Gefriertrocknungsmethode führen wir seit 1975 selber durch. Während dieser Zeit haben wir mit verschiedenen Vor- und Nachbehandlungen an mehr als 350 Objekten unsere Erfahrungen gesammelt. Die konservierten Hölzer werden bei konstanter Luftfeuchtigkeit von etwa 50 % aufbewahrt. Trotz großer Temperaturschwankungen, bedingt durch die Jahreszeiten (Winter unter 15 °C und Sommer bis 30 °C) am leider nicht klimatisierten Aufbewahrungsort, waren bis heute keine Sekundärschäden zu beobachten.

Technologische Kriterien

Das größte maximal konservierbare Volumen entsprechend unserer Anlage beträgt 70 × 30 × 15 cm. Größere Stücke werden für die Konservierung zerteilt. Wenn möglich werden diese Stücke zerbrochen, weil damit eine bessere Verbindung beim nachträglichen Wiederzusammenfügen entsteht. Das größte bis heute von uns konservierte

Objekt, ein spätbronzezeitliches Beckenfragment aus Eichenholz, hatte die Maße 120 × 45 × 14 cm.

Die Homogenität der Konservierung muß, damit diese erfolgreich ausfällt, total sein. Wird der Trocknungsprozeß zu früh abgebrochen, das heißt, wenn noch Eiskristalle im Objektinnern vorhanden sind, entsteht mit größter Sicherheit ein Fehlresultat. Um dies zu vermeiden, sind wir zur Bestimmung des Abschlusses von der Temperaturmeßmethode mittels Wärmefühlers abgekommen und beurteilen nun den Abschluß durch die tägliche Gewichtsbestimmung. Verliert ein Objekt kein Gewicht mehr, muß es trocken sein: Die Gewichtskonstanz an zwei sich folgenden Tagen zeigt den Abschluß des Trocknungsvorganges an. Zum Beispiel: bei einem beidseitig verkohlten, dünnen, bronzezeitlichen Brett mit den Maßen 70 × 30 × 2,5 cm mußten wir uns 35 ½ Tage bis zur Gewichtskonstanz gedulden. Das Brett wog im Naßzustand 3620 g und trocken 783 g.

Das Gewicht der konservierten Hölzer ist kaum schwerer als dasjenige von gewöhnlich getrockneten. Der im Laufe der Jahrhunderte stattgefundene Substanzverlust durch den Abbau fehlt den getrockneten Hölzern. Dies ist eine unbeeinflußbare Tatsache und darf deshalb nicht als Kriterium zur Beurteilung einer Konservierungsmethode in Betracht gezogen werden.

Die Fragilität der konservierten Objekte hängt in erster Linie von deren Art und Form ab. Als Grundsatz gilt, daß konservierte Hölzer wie Museumsobjekte zu behandeln sind; sie gehören nur in die Hände von Fachleuten.

Theoretisch muß eine naturwissenschaftliche Weiterbearbeitungsmöglichkeit, das heißt Bestimmung der Holzart/Anatomie, möglich sein. Die zur Konservierung verwendeten Materialien sollten dementsprechend wieder herauslösbar (reversibel) sein.

Die dendrochronologische Messung zur Altersbestimmung ist problemlos. Nach W. R. Ambrose[46] ist es möglich, die mit PEG behandelten Hölzer mit Wasser auszulaugen und dann die ^{14}C-Altersbestimmung durchzuführen.

Die weitere Entwicklung der Gefriertrocknungsmethode hat unter Berücksichtigung der in diesem Aufsatz erwähnten noch nicht zufriedenstellenden Punkte zu erfolgen: 1. Voraussehbarkeit und Verminderung der Rißbildung; 2. Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der konservierten Hölzer; 3. bessere Wirtschaftlichkeit.

Wirtschaftliche Kriterien

Der minimale Zeitaufwand einer Konservierung mit der Gefriertrocknungsmethode beträgt 2–3 Monate.

Der Materialpreis zusammen mit den Betriebs- und Amortisationskosten, bezogen auf das Naßholzgewicht, ist relativ hoch. Pro Kilogramm Naßholz muß mit Fr. 200.— bis Fr. 300.— gerechnet werden.

Unsere Anlage verbraucht pro Betriebsstunde bis etwa 1 ½ kW elektrische Energie. Der Arbeitsaufwand pro Stückeinheit ist sehr unterschiedlich. Es darf als Durchschnitt die Zeit eines halben Arbeitstages angenommen werden.

Die Erfolgsquote unserer Methode ist sehr gut. Wir dürfen behaupten, daß wir bis heute keinen irreparablen Mißerfolg gehabt haben. Es gab wohl Risse und Deformierungen, bei welchen wir aber nicht sicher sind, ob sie wirklich der Konservierungsmethode oder anderen Umständen zuzuschreiben sind.

Unser Museum ist heute Besitzer von etwa 600 gefriergetrockneten urgeschichtlichen Objekten aus der Jungsteinzeit und Urnenfelderkultur. Diese teilen sich in etwa 350 Hölzer, 150 Korbgeflechte und 100 Pflanzenfasergebilde auf. Eine große Anzahl der Korbgeflechte und Pflanzenfasergebilde wurde in verdankenswerter Weise während den Jahren 1972–1975 in der Anlage des Landesmuseums in Zürich getrocknet.

Die technischen Einrichtungen sind, wie aus dem vorliegenden Text zu entnehmen ist, sehr anspruchsvoll. Die Anschaffungskosten für unsere Anlage, die wir aus den verschiedenen Elementen selber zusammengebaut haben, betrugen 1975 etwa Fr. 21 000.—.

Die Gefriertrocknung ist weder mit Feuer- noch mit Explosionsgefahren verbunden, auch sind keine gesundheitlichen Schädigungen zu befürchten.

Bezugsquellen der Chemikalien

PEG 400 (Polyäthylenglykol): Plüss-Staufer, CH-4665 Oftringen.
Mikrokristallines Wachs 74/76 °C, Typ LM 65: Interwax und Plastic AG, 8005 Zürich.
Uhu-hart (Klebstoff): Drogerie.

6. Die Methode Carbowax [Hinweis]

von Jakob Bill

In der Schweiz wird diese Methode nicht labormäßig angewendet. Für den hier darzustellenden Methodenvergleich schien es indessen angezeigt, auch diese Behandlungsart einzubeziehen, besonders da sie in mehreren europäischen Ländern als relativ einfach anzuwendendes Verfahren gepriesen wird.