

Zeitschrift: Die Sammlung / Schweizerisches Nationalmuseum = Les collections / Musée national suisse = Le collezioni / Museo nazionale svizzero

Herausgeber: Schweizerisches Nationalmuseum

Band: - (2010-2011)

Artikel: Von der Bandage zur Montage : Untersuchung zur Eignung von Polycaprolacton für Museumsobjekte

Autor: Schmidt-Ott, Katharina / Rothenhäusler, Ulrike / Vuissoz, Annick

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-382102>

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: 19.01.2026

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

Konservierung/Restaurierung. Conservation/Restauration. Conservazione/Restauro.

Von der Bandage zur Montage – Untersuchung zur Eignung von Polycaprolacton für Museumsobjekte

Einleitung

Archäologisches und kunsthandwerkliches Kulturgut ist häufig sehr fragil. Um es zu stabilisieren oder vor mechanischen Beschädigungen zu schützen, werden daher oft Stützkonstruktionen benötigt. Eingesetzt werden diese während der Konservierung selber, aber auch für die Ausstellungspräsentation und zur Einlagerung ins Depot. Die verwendeten Produkte stehen in unmittelbarem Kontakt mit den Objekten, sie müssen daher chemisch stabil sein, dürfen keine Schadstoffe abgeben und sie sollten leicht wieder entfernbare sein. In der Orthopädie wurden in den letzten Jahren vermehrt wärmeverformbare Kunststoffe, sogenannte Polycaprolactone als Bandagen- und Schienenmaterial eingesetzt. Polycaprolactone haben Schmelzpunkte um 60 °C, sie sind nicht giftig und biologisch abbaubar. In der Anwendung sind sie sehr benutzerfreundlich. Als Niedertemperatur-Thermoplaste lassen sich die gebrauchsfertigen Platten im Wasserbad oder mit dem Föhn innerhalb von Minuten erweichen und in die gewünschte Form bringen. Inwieweit sie für eine Anwendung in der Konservierung geeignet sind, war bisher jedoch nicht bekannt. Ziel der hier vorgestellten Untersuchungsreihe war es daher, die Eignung einer Auswahl von Produkten aus Polycaprolacton für den Einsatz in der Konservierung und im musealen Umfeld zu überprüfen. Für die einzelnen medizintechnischen Produkte sollten so die Möglichkeiten und Grenzen für eine Verwendung an Kulturgut beurteilt werden.

Untersuchung und Ergebnisse

Zunächst wurden aus der Vielzahl auf der auf dem Markt erhältlichen Produkte neun Produkte aus Polycaprolacton ausgewählt. Durch pH-Messungen¹ wurde als Erstes ermittelt, ob sich aus den Materialien saure oder alkalische Bestandteile herauslösen. Dann konnte, mit Hilfe von Oddytests (s.u.) geprüft werden, ob die einzelnen Produkte an Metallplättchen Korrosion bewirken. Bei diesen Analysen zeigte sich, dass die Produkte von sehr unterschiedlicher Qualität waren. Fünf Produkte waren demnach für die Konservierung ungeeignet und nur vier Produkte wurden in der Folge weitergehend untersucht, es handelt sich dabei um die Produkte: X-Lite®, Aquaplast®, Polyflex II® und Ezeform®.

Als erster Schritt erfolgten erweiterte pH-Wert-Messungen. Dazu wurden die Proben für 24 Stunden in deionisiertem Wasser (pH-Wert 7) eingelegt und dabei geschüttelt. Anschliessend wurde der pH-Wert des Wassers erneut gemessen. Die Messung zeigt bei einer Veränderung des pH-Wertes an, ob saure oder alkalische Bestandteile des Polycaprolactonproduktes in Lösung gehen. Die Messergebnisse werden mit dem pH-Wert des deionisierten Wassers, welches auf pH 7 eingestellt wurde, verglichen. Beträgt die Differenz mehr als 1, ist das Material für den Gebrauch in der Konservierung nur eingeschränkt geeignet. Diese Produkte sind in der Tabelle 1 in grau gekennzeichnet, da die Materialien in diesem Fall Säure abspalten [1]. In Tabelle 1 werden die Messungen der neuwertigen Produkte sowie von Proben nach der Wärmealterung und einer kombinierten Licht- und Wärmealterung (s.u.) aufgeführt. Nach der intensiven Licht- und Wärmealterung geben alle Produkte, bis auf Polyflex II®, deutlich Säure an die Lösung ab. Die Abgabe von schädigenden Substanzen kann zudem durch den gut etablierten Oddytest ermittelt werden. Hierbei wird eine Probe vom zu untersuchenden Material mit jeweils einem gereinigten Metallplättchen aus Silber, Kupfer und Blei in einem geschlossenen Behälter bei 100% Luftfeuchtigkeit und einer Temperatur von 60°C belassen. Nach vier Wochen wird die Veränderung der Metallplättchen

1 Tabelle 1: pH-Wert-Messungen

2 Tabelle 2: Veränderungen im Oddytest.

Die Veränderungen werden durch Symbole angegeben: + = keine, +/- = sehr wenig, - = wenig, -- = deutliche Veränderung. In Grau sind die negativsten Ergebnisse markiert.

3 Wärmealterung. Links die neuwertigen Produkte, in der Mitte nach der Wärme- und rechts nach einer kombinierten Licht- und Wärmealterung.

Untersuchtes Produkt pH-Werte der Lösung nach 24 Stunden Einlegen in deionisiertes Wasser

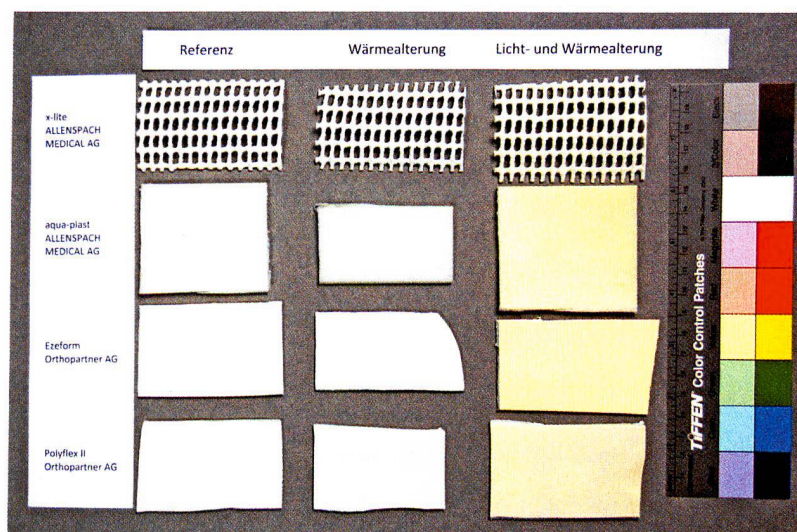
	neuwertig	Nach Wärmealterung	Nach Licht- und Wärmealterung
X-Lite®	6,25	5,95	5,85
Aquaplast®	6,77	6,48	5,77
Ezeform®	6,70	6,62	5,48
Polyflex II®	7,10	7,10	6,81

1

Ergebnisse Oddytest

	ungealtertes Produkt			Nach Wärmealterung			Nach Licht- und Wärmealterung		
	Cu	Pb	Ag	Cu	Pb	Ag	Cu	Pb	Ag
X-Lite®	–	+/-	+/-	+/-	+	+/-	–	+	+/-
Aquaplast®	+/-	+/-	+	+/-	–	+/-	+/-	+/-	+/-
Ezeform®	+/-	+/-	+	+/-	–	+/-	–	–	+/-
Polyflex II®	+/-	+/-	+	+/-	–	+/-	+/-	+/-	–

2



3

optisch beurteilt. Eine Reaktion der Kupfer- und Silberplättchen weist vor allem auf eine Schwefelemission hin. Eine Korrosion des Bleis hingegen zeigt eine Abgabe von organischen Säuren an. Im Idealfall sind keine Veränderungen der Metallplättchen sichtbar, je stärker aber eine Reaktion, umso grösser ist die Abgabe von Schadstoffen. Eine Kombination mit pH-Wert-Messungen ist empfehlenswert, da im Oddytest die flüchtigen Säuren und Laugen und bei den pH-Wert-Messungen die löslichen Säuren bzw. Laugen angezeigt werden.

Bei der Untersuchung der Polycaprolactone im Oddytest wurden hier sowohl ungealterte Proben als auch Proben nach einer künstlichen Wärme- und Lichtalterung, s.u. untersucht. Dieses Vorgehen war besonders interessant, da dadurch mögliche Materialveränderungen nach der künstlichen Alterung sichtbar gemacht werden konnten. Im Test haben die nicht gealterten Proben generell deutlich besser abgeschnitten als die mit Wärme- und Licht gealterten Proben, das Produkt Aquaplast® gab die wenigsten Schadstoffe ab [2].

Um die Langzeitstabilität von Produkten in der Konservierung zu ermitteln, sind eine künstliche Alterung mit Hilfe von Wärme und eine kombinierte Alterung mit Licht und Wärme geeignet. Hierzu wurden die Proben 1000 Stunden lang mit UV-Lampen (T5 Vitralux Strahler Osram, 300 W) bei stark schwankenden Klimaverhältnissen (Temperatur: 20–50 °C und relative Luftfeuchte: 5–55%) beleuchtet. Ein Teil der Proben wurde mit Aluminiumfolie abgedeckt und erfuhr dadurch unter gleichen klimatischen Bedingungen nur eine Wärmealterung. Blue Wool² Standard-Teststreifen wurden der gleichen Beleuchtungsdauer und -intensität ausgesetzt. Eine solche künstliche Alterung entspricht laut Wanner etwa einem Zeitraum von 100 Jahren.

Nach der Wärmealterung waren geringfügige und nach der kombinierten Licht- und Wärmealterung deutlichere Vergilbungen mit dem blossen Auge sichtbar [3]. Da eine Vergilbung ein Anzeichen für eine Unstabilität des Materials ist, war es hier von Interesse das Ausmass der Veränderung messtechnisch genauer zu bestimmen. Die Farbveränderungen wurden daher mit einem optischen Emissionsspektrometer³ ermittelt. Hierbei wurden zunächst Messungen der neuwertigen Produkte ausgeführt und die Produkte dann erneut nach der künstlichen Alterung untersucht. Besonders die mit Licht gealterten Proben zeigen eine deutliche Farbverschiebung in den gelben und grünen Farbbereich auf. Das Produkt X-Lite® zeigte die grösste Farbstabilität auf [4].

Farbveränderungen wie auch Versprödungen sind generell Anzeichen für eine Materialalterung, dementsprechend wollten wir wissen, warum die Produkte unterschiedlich stark vergilbt waren. Eine Untersuchung mit Röntgenfluoreszenz⁴ war in der Folge für die Bestimmung enthaltener Zusatzstoffe aufschlussreich, da solche die Alterungsbeständigkeit positiv beeinflussen können. Das konnte bei den hier durchgeführten Untersuchungen bestätigt werden, denn nur das zuschlagsfreie Produkt Aquaplast® wurde nach der Lichtalterung spröder. Dies zeigte sich an Ausbrüchen an den Schneidekanten und an Abplatzungen auf der Oberfläche. Alle anderen der untersuchten Polycaprolactone enthielten Füllstoffe, wie Calcium-, Eisen-, Zink-, Titan-, Brom-, Nickel- und Aluminiumverbindungen⁵. Das Produkt X-Lite®, mit einem vergleichsweise hohen Titandioxidanteil, wies die grösste Farbstabilität bei der Licht- und Wärmealterung auf.

Anwendung

Polycaprolactonplatten eignen sich für eine Vielzahl von Anwendungen. Die Produkte sind in unterschiedlichen Materialstärken erhältlich. Niedertemperatur-Thermoplaste aus Polycaprolacton lassen sich im Wasserbad oder mit dem Föhn innerhalb von wenigen Minuten erweichen und dann in die gewünschte Form bringen. Sie sind aber je nach Produkt unterschiedlich anpassungsfähig. Das feinste Material ist X-Lite®, es besteht aus einer Baumwollgaze, welche mit Polycaprolacton umhüllt ist. Beim Erwärmen wird es weich und passt sich sehr gut dem Objekt an. Durch die Gitterstruktur ist es gut für Badanwendungen geeignet. Aquaplast®, Ezeform® und Polyflex II® sind nach dem Erwärmen weniger flexibel und müssen mit mehr Druck in Form gebracht werden.

Die indirekte Herstellung einer Stützform durch Abformen des Objektes kann bei den weniger biegsamen Materialien hilfreich sein. Bei der Herstellung von Stützformen in direktem Kontakt mit einem Objekt, sollte jedoch bei allen Produkten das Objekt stets durch eine Isolierschicht aus PE-Folie oder Japanpapier vom Polycaprolacton getrennt werden [5], denn die Kunststoffe werden im erwärmten Zustand klebrig.

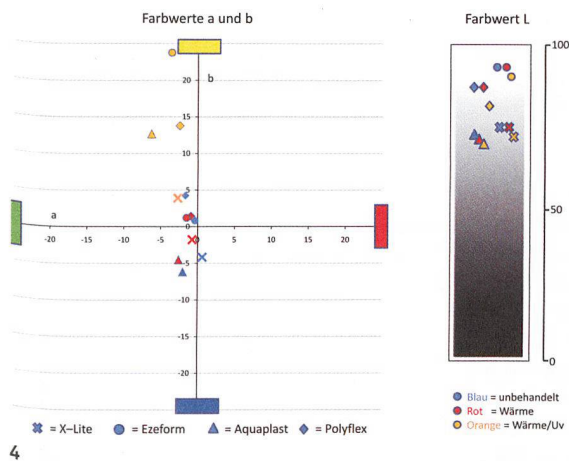
4 Grafische Darstellung der Messergebnisse.

Nach einer Wärmealterung (rote Symbole) ist die Vergilbung vergleichsweise gering, durch die kombinierte Licht-/Wärmealterung (orangene Symbole) hingegen deutlich.

5 Stützform aus X-Lite® für die Stabilisierung eines fragilen Eisenobjektes als Vorbereitung für die Entsalzung im alkalischen Sulfidbad. Gut sichtbar ist hier die Trennschicht aus Polyethylenfolie.

6 Stützform aus X-Lite® während der feuchten Reinigung eines neolithischen Textilfundes mit Wasser.

7 Fragile Saxscheide aus Leder mit Bronzenieten, welche auf einem Knochenfragment und Erde liegt. Das Objekt konnte mit Hilfe einer Stützform aus Polyflex II® konserviert und stabilisiert werden. Foto SNM, Objekt Eigentum der Kanton⁵-archäologie Zug.



5



6



7

Generell können die perforierten Platten auf der Objektoberfläche Abdruckspuren hinterlassen. Mit Ausnahme von X-Lite® gibt es alle Produkte als perforierte und als geschlossene Platten. Die perforierten Platten können sehr gut als mechanische Unterstützung von fragilen Objekten in Konservierungsbädern eingesetzt werden. Weiterhin können die perforierten Platten bei einer feuchten Reinigung oder der Freilegung von Objekten als Stützformen verwendet werden [6].

Da bei der Objektkonservierung oftmals Bäder angewendet werden, ist die Chemikalienbeständigkeit ein weiteres wichtiges Kriterium für die Auswahl des geeigneten Produktes. Die verschiedenen Produkte wurden daher in einer Auswahl von Lösungsmitteln, nämlich in Aceton, Butanon, Ethanol sowie Polyethylenglykol (PEG), gelöst in Wasser und alkalischer Sulfidlösung, eingelegt. Die Proben wurden zunächst gewogen und dann während zwei Wochen im jeweiligen Lösungsmittel belassen. Neben dem Zustand der Probe wurden auch Eintrübungen oder Farbveränderungen der Lösungsmittel beurteilt. Dann wurde das Gewicht der Proben nach der Entnahme erneut ermittelt. Durch diese Untersuchung konnte die Beständigkeit der einzelnen Polycaprolacton-Produkte als Stützmaterial während einer Anwendung im Bad ermittelt werden. Es wurde auch deutlich, dass einige Produkte für eine Verwendung in bestimmten Lösungsmitteln ungeeignet sind.

Zusammenfassend liegen die folgenden Ergebnisse vor: Für eine Verwendung in Wasser und wässrigen Lösungen wie Polyethylenglykol sind alle vier Produkte geeignet. Für die Verwendung im alkalischen Sulfid jedoch ist das Produkt X-Lite® nicht empfehlenswert. Weiterhin sind alle vier Produkte in Ethanol weitgehend beständig, wohingegen eine Verwendung mit dem Lösungsmittel Aceton nur mit Aquaplast® und allenfalls Polyflex II® möglich ist. In Kontakt mit Butanon (Methylethylketon) sollte nur das Produkt Aquaplast® verwendet werden. Besonders unbeständig erwies sich das Produkt X-Lite® bei der Anwendung in Aceton und Butanon. Hier blieb nur das Baumwollgewebe zurück, das Polycaprolactonmaterial löste sich vollständig auf. Auch im wässrigen Medium sollte X-Lite® aufgrund der Säureabgabe generell nur für kurze Zeit eingesetzt werden, Details werden in Tabelle 3 aufgezeigt [8]. Neben den Anwendungen in Bädern oder im feuchten Milieu können Stützformen aus Polycaprolacton auch bei einer trockenen Reinigung oder zur Herstellung von Objektmontagen interessant sein. Die geschlossenen Platten können zudem für Stützformen und Montagen bei temporären Ausstellungen genutzt werden, geeignet sind hierbei Polyflex II® und Aquaplast®. Die Produkte Ezeform® und X-Lite® sind aufgrund der Schadstoffabgabe hier nur bedingt geeignet. Nur das alterungsstabile Produkt Polyflex II® ist auch bei Stützformen für eine dauerhafte Lagerung im Depot geeignet [7]. Plattengrößen und Kosten der einzelnen Polycaprolactonprodukte sowie die Bezugsquellen sind in Tabelle 4 festgehalten [9].

Zusammenfassung

Von der Vielzahl der auf dem Markt zur Verfügung stehenden orthopädischen Bandagenmaterialien konnte mit der systematischen Untersuchung eine Auswahl von vier Produkten getroffen werden, welche für eine Anwendung in der Konservierung von musealem Kulturgut überaus interessant sind. Je nach Anwendungsart, Dauer der Anwendung und finanziellen Mitteln stellen die vorgestellten Polycaprolactonprodukte eine gute Ergänzung für die Verwendung als Montagematerialien dar.

Dank

Für die Ausführung der Röntgenfluoreszenzmessungen danken wir herzlich Katja Hunger vom Sammlungszentrum des SNM. Den Firmen Allensbach Medical und Orthopartner danken wir für die Muster ihrer Produkte und die fachliche Unterstützung.

Literatur

- [1] Ulrike Rothenhäusler, Cédric André, Erwin Hildbrand. Mounting Systems for Fragile Water-Degraded Artefacts. Proceedings of the 10th ICOM Group on Wet Organic Archeological Materials Conference, Nederlandse Archeologische Rapporten 37, Amsterdam (2007): 455 – 464.
- [2] Ulrike Rothenhäusler. Organische Materialien und Metalle in Blockbergungen – Konservierung, Montage und Lagerung. In: Katharina Müller (Hrsg.) Gräber, Gaben, Generationen. Der frühmittelalterliche Friedhof (7. Jahrhundert) von der Früebergstrasse in Baar (Kanton Zug). Antiqua 48, Bd. 1 (2011): 208 – 214
- [3] Anita Wanner. Glasklebstoffe und -ergänzungsmassen für die Hinterglasmalerei, Tests zur Alterungsbeständigkeit, Biegebruchfestigkeit und Schadstoffemission. Restauo Callwey Verlag München (6/2009).

8 Tabelle 3: Beständigkeit einzelner Produkte
in häufig verwendeten Lösungsmitteln.

9 Tabelle 4: Bezugsquellen und Preise,
Stand April 2011

1 Die pH-Wert-Messungen wurden nach DIN EN 645 ausgeführt.

2 Blue Wool Standard: Bestelladresse: EMPA Testmaterialien AG, Mövenstrasse 12, 9015 St. Gallen

3 Avantes SD 2000

4 RFA-ARTAX

5 Laut den verschiedenen Sicherheitsdatenblättern, könnten als Zusatzstoffe zudem auch andere Kunststoffpolymere zugesetzt werden.

Produkt	Untersuchtes LM	Gewichtsverlust in %	Beständigkeit	Bemerkungen
Aquaplast®	Aceton	< 1,0 %	Lösung klar	geeignet
	Butanon	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
	Ethanol	1,8 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
	Alkalisches Sulfit	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
	Polyethylenglycol (PEG)	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
Ezeform®	Aceton	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt weicher	ungeeignet
	Butanon	3,0 %	Lösung trüb, Produkt weicher	ungeeignet
	Ethanol	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
	Alkalisches Sulfit	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
	Polyethylenglycol (PEG)	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
Polyflex II®	Aceton	6,0 %	Lösung klar, Produkt etwas weicher	bedingt geeignet
	Butanon	10,0 %	Lösung leicht trüb, Produkt weicher	ungeeignet
	Ethanol	1,6 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
	Alkalisches Sulfit	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
	Polyethylenglycol (PEG)	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
X-Lite Classic®	Aceton	75,0 %	Lösung trüb, nur noch Trägerstoff	ungeeignet
	Butanon	74,0 %	Lösung trüb, nur noch Trägerstoff	ungeeignet
	Ethanol	1,4 %	Lösung klar, Produkt unverändert	geeignet
	Alkalisches Sulfit	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	nur bedingt geeignet, Säureabgabe
	Polyethylenglycol (PEG)	< 1,0 %	Lösung klar, Produkt unverändert	nur bedingt geeignet, Säureabgabe

8

Produkt	Plattengrösse	Preis	Bezugsadresse
Aquaplast®	600 x 900 x 3 mm	177.50 CHF	www.allenspachmedical.ch
Ezeform®, Artikel A 310 ME	460 x 610 x 3,2 mm	143.00 CHF	www.orthopartner.ch
Polyflex II®, Artikel A 3532	460 x 610 x 2,4 mm	112.00 CHF	www.orthopartner.ch
X-Lite Classic®	450 x 500 mm	35.00 CHF	www.allenspachmedical.ch

9