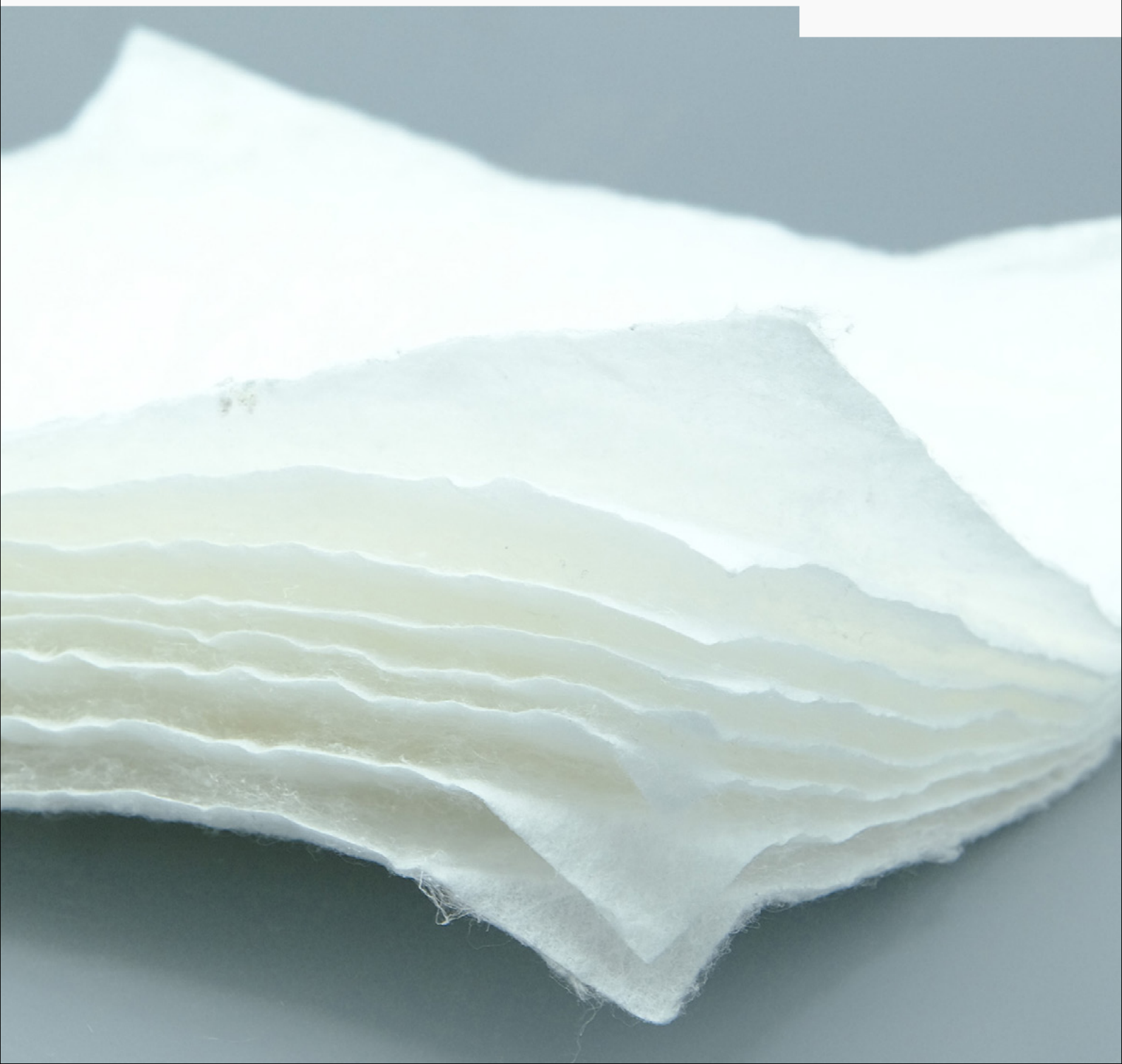


# „Medical Textiles“

(Neue) Materialien für die Konservierung-Restauration?!

Hannah Flock, Leonie Hoffmann, Thomas Gries



## **„Medical Textiles“ (Neue) Materialien für die Konservierung-Restaurierung?!**

Hannah Flock, Leonie Hoffmann, Thomas Gries

Aus dem medizinischen Kontext entlehnte textile Linien- und Flächengebilde finden als Materialien und Produkte bereits seit längerer Zeit Einsatz in verschiedenen Bereichen der angewandten Konservierungs- und Restaurierungswissenschaft. Für die Praxis sind bislang vornehmlich unterschiedliche fadenförmige Nahtmaterialien sowie diverse medizinische Gewebe und Vliese erschlossen und erprobt: So werden beispielsweise chirurgische Nahtmaterialien zur Rissvernahtung an textilen Bildträgern von Gemälden oder zum Setzen von Spannstichen an textilen Objekten eingesetzt. Auch werden unterschiedliche Verbands- und Kompressenmaterialien unter anderem für aufgeklebte oder -genähte Hinterlegungen, für Extraktionen von Bindemitteln sowie für die Abnahme von Überzügen oder Verschmutzungen verwendet.

Im Bereich medizinischer Textilien bergen noch weitere textile Technologien, wie das Wirken und Flechten sowie daraus resultierende Produkte, großes Potenzial für die Konservierung-Restaurierung: Beispielsweise könnten gewirkte Netze für transparente Hinterlegungen oder Überspannungen genutzt werden, während Abstandsgewirke als alternatives Material zur polsternden Verpackung oder für Rückseiten- und Schwingschütze dienen könnten.

Dieser Beitrag bietet einen Überblick zu bekannten und neuen Optionen medizinischer Textilien zum Einsatz in der Konservierung-Restaurierung.

Unter dem Sammelbegriff „Medical Textiles“ lässt sich eine große Bandbreite unterschiedlicher Textilien versammeln, die in verschiedenen medizinischen Bereichen Anwendung finden: Beispielsweise als Nahtmaterialien und zur Wundversorgung, als Implantate oder im Tissue Engineering, zur Bewegungsunterstützung und als elektronisch funktionell ausgestattete, tragbare Textilien, als Inkontinenz- und weitere Hygienetextilien, zur persönlichen Schutzausrüstung oder in Filtersystemen, als Krankenhaustextilien sowie natürlich in der Raum- und Gebäudegestaltung von Kliniken oder Reinräumen.

Aus dem medizinischen Kontext entlehnte textile Linien- und Flächengebilde finden als Materialien und Produkte auch bereits seit längerer Zeit Einsatz in verschiedenen Bereichen der angewandten Konservierungs- und Restaurierungswissenschaft.<sup>1</sup>

## **‘Medical Textiles’ (New) materials for conservation-restoration?!**

*Textile structures borrowed from the medical context have long been used as materials and products in various areas of applied conservation and restoration science. To date, various suture materials, medical fabrics and nonwovens have been developed and tested for conservation and restoration practice: for example, surgical suture materials are used for tear sewing in textile painting supports, or to apply supportive stitches to textile objects. Various dressing and compress materials are also used for glued or sewn-on patches, for extracting binding agents and for removing varnishes or surface soiling.*

*In the field of medical textiles, however, further textile technologies, such as warp-knitting and braiding, and the resulting products also have great potential for conservation and restoration: for example, warp-knitted meshes could be used for transparent loose linings or spanning of sensitive objects, while spacer fabrics could present an alternative material for cushioning packaging or for backing protection.*

*This article provides an overview of known and new options for medical textiles for use in conservation-restoration.*

Tatsächlich haben der medizinische und der konservatorisch-restauratorische Eingriff durchaus einige Gemeinsamkeiten, sodass sich auch übertragbare Anforderungen ergeben:

Sowohl der menschliche Körper als auch viele Werkstoffe von Objekten sind faserförmig aufgebaut. Bei der Behandlung und Bearbeitung wird eine möglichst schonende Intervention angestrebt und ein minimal-invasiver Ansatz verfolgt, wie beispielsweise bei dem Vernähen von Wunden oder der präzisen Einzelfadenverklebung an Durchtrennungen von textilen Bildträgergeweben (Abb. 1). Die Auswahl geeigneter, inerter Materialien ist sowohl für Implantate als auch für durch Restaurator:innen in das Original einzubringende Fremdstoffe eine wichtige Maßgabe, um in beiden Fällen Nebenwirkungen und unerwünschte Wechselwirkungen zu unterbinden.<sup>2</sup>

## Bisherige Anwendungsbereiche von Medical Textiles

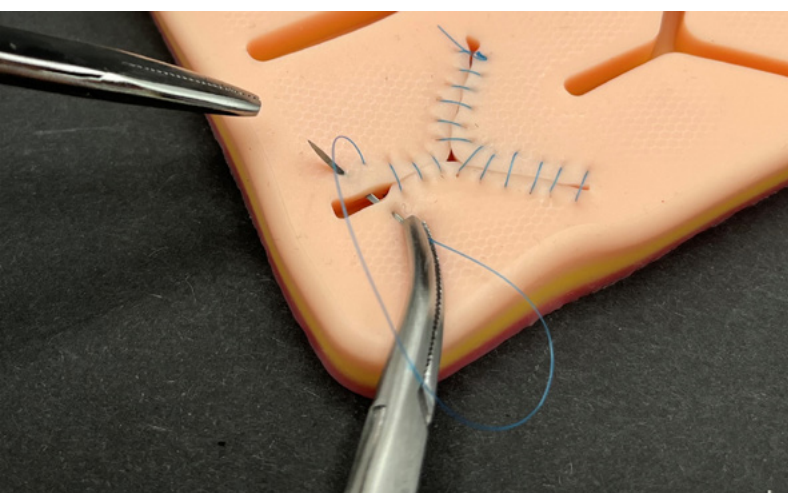
Der offensichtlich größte Unterschied liegt jedoch darin, dass Kunst und Kulturgüter im Gegensatz zum lebenden Organismus nicht über Prozesse der weitergehenden Selbstheilung verfügen. Zudem können Abbauprodukte nicht abtransportiert werden, da Objekte keinen Stoffwechsel im Sinne biochemischer Prozesse vollziehen. Dadurch ergeben sich nicht nur Unterschiede in den spezifischen Charakteristika des umgebenden Milieus (wie z. B. Temperatur, Feuchte, pH-Wert) sowie im auszuwählenden Material, sondern auch sich daraus ableitende abzugrenzende Anforderungsprofile.

Dennoch lassen sich viele Eigenschaften und Vorteile medizinischer Textilien auch für die Anwendung an „toten Objekten“ hervorragend nutzen.

Zu Beginn skizziert der Beitrag eine Auswahl bereits etablierter Anwendungsfelder für Medizintextilien in der Konservierung-Restaurierung und vermittelt dazu knapp die zugehörigen Basisinformationen anhand ausgewählter textiler Linien- und Flächengebilde.<sup>3</sup>

### Textile Liniengebilde

Medizinische Nahtmaterialien sind als textile Liniengebilde grundsätzlich auf Basis einer Vielzahl unterschiedlicher Polymere auf dem Markt verfügbar. Neben natürlichen Seiden- oder Kollagenfäden sind insbesondere verschiedene synthetische Fäden erhältlich, wie zum Beispiel auf Basis von Polyethylen (PE), Polyethylenterephthalat (PET), Polyamid (PA), Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder Polytetrafluorethylen (PTFE). Aus PTFE, häufig auch stellvertretend mit dem Handelsnamen Teflon (Fa. DuPont, Wilmington/USA) bezeichnet, werden beispielsweise auch die unter Restaurator:innen beliebten Gore-Tex-Membranen und -Fäden (Fa. W.L. Gore & Associates Inc., Newark/USA)<sup>4</sup> hergestellt. In der Medizintechnik werden vor allem resorbierbare Ausgangsmaterialien, wie Polylactide (PLA) oder Polycaprolacton (PCL), immer relevanter, da sich durch Auswahl von Polymeren mit geeigneten Degradationsraten der Verbleib potenziell infektiöser und inflammationsrisikobehafteten Fremdmaterials im Körper nach der Heilung vermeiden lässt.<sup>5</sup>

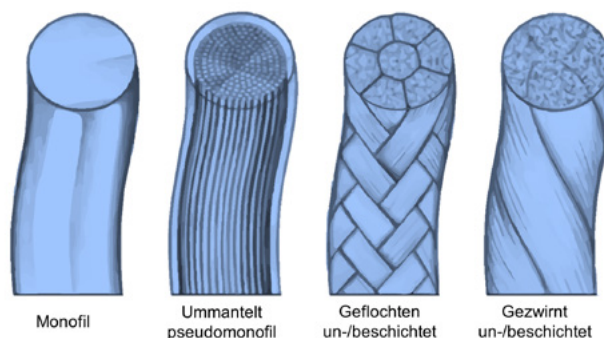


1 Beispielhafte Darstellungen der Übung einer medizinischen Naht an einem Suture Pad (links) sowie der Durchführung einer restauratorischen Einzelfadenverklebung mittels Feininstrumenten unter dem Stereomikroskop (rechts)



Durch die Auswahl der Basispolymere, ihrem Grad der Verstreckung im Filament sowie durch den strukturellen Aufbau des Nahtmaterials lassen sich allgemein gänzlich unterschiedliche Eigenschaften in Mechanik und Morphologie erzielen: Während sich beispielsweise PE-basiertes Nahtmaterial als alterungsstabiler und inerte im Vergleich zu PA-Fäden darstellt, zeichnen sich PTFE-Produkte durch eine besonders glatte Oberfläche mit geringem Adhäsionspotential aus. Der Grad der Verstreckung bedingt die Vorausrichtung der Molekülketten im Sinne der Anteile verbliebener amorpher und geordnet kristallin vorliegender Faserbereiche. Allgemein gilt, je höher verstreckt, desto gerichter und kristalliner sowie umso weniger Restdehnung und Kriechneigung. Weiteren Einfluss nimmt die übergeordnete Struktur des Nahtmaterials, ob zum Beispiel mono- oder multifil sowie beschichtet oder verflochten (Abb. 2). Multifile, geflochtene Nahtmaterialien zeichnen sich in der Regel durch eine verbesserte Knotbarkeit und höhere Zugfestigkeit aus, besitzen jedoch auch eine größere Oberfläche für mögliche Adhäsionen und ein höheres abrasives Potenzial.<sup>6</sup>

2 Schematische Übersicht des Aufbaus von mono- und multifilem Nahtmaterial, nach Vorlage einer Abbildung der Fa. B. Braun Vet Care GmbH (Tuttlingen)



Diverse medizinische Nahtmaterialien werden bereits unter anderem für Spannstitute oder Stützlinien in der Textilrestaurierung<sup>7</sup> sowie zur Rissvernahtung an textilen Bildträgern in der Gemälderestaurierung<sup>8</sup> (Abb. 3) eingesetzt:

Bei Nutzung von Nahtmaterialien für konservatorisch-restauratorische Maßnahmen, wie der Rissvernahtung<sup>9</sup>, werden in der Regel möglichst glatte, dehnungsarme und alterungsstabile Nahtmaterialien bevorzugt. Hier bieten sich insbesondere monofile Polyester-, PTFE- und PVDF-Fäden an, die mit nicht schneidenden Nadeln geeigneter Geometrie ausgestattet sind und atraumatisch<sup>10</sup> vorliegen.

Auch wenn der Gedanke zunächst naheliegend erscheinen mag, sind resorbierbare Nahtmaterialien für temporäre Sicherungen an Objekten nicht geeignet: Da diese synthetischen Fäden nicht, wie beispielsweise flüchtige Bindemittel, sublimieren, sondern im Lebewesen hydrolytisch abgebaut und die Spaltprodukte vom Organismus abtransportiert werden, ist dieses Konzept nicht auf den Einsatz an Objekten ohne biochemischen Stoffwechsel übertragbar.

Große Hauptanbieter für medizinische Nahtmaterialien sind beispielsweise B. Braun SE (Melsungen), Ethicon/Johnson & Johnson, Inc. (Bridgewater/Cincinnati, USA) oder Serag-Wiessner GmbH & Co. KG (Naila). Mitunter lohnt es sich, bei Firmen und Anbietern gezielt unsterile oder abgelauene Chargen für den nicht-medizinischen Gebrauch anzufragen.<sup>11</sup>



3 Beispiel einer Rissvernahtung mit PTFE-Nahtmaterial (Monofilament, Nadel 3/8, Länge 9 mm) zur Rissverschluss; nach dem Ausrichten und Zusammenführen der Rissränder im Zuge der Vernahtung kann eine Einzelfadenverklebung durchgeführt werden.



4 Exemplarische Arbeitsbilder einer Firnisabnahme mittels lösungsmittelbeladener Evolon-Vliese (links und Mitte) sowie UV-Fluoreszenz-Aufnahme des Zwischenstandes

## Textile Flächengebilde

Bedingt durch abweichende Struktur und abweichendes Ausgangsmaterial lassen sich unterschiedliche Eigenschaften und Einsatzgebiete medizinischer Gewebe und Vliese, wie Kompressen und Wundauflagen, festhalten. Allgemein können unter anderem gewebte Mullkompressen, Vliesstoffkompressen und kombinierte Saugkompressen als Hauptproduktgruppen, jeweils in un- und steriler Qualität, voneinander abgegrenzt werden:

Gewebte Mullkompressen auf Baumwolle- und/oder Viskosebasis sind genormt<sup>12</sup>, im Falle größerer Gazen von vergleichsweise offener, durchbrochener Struktur und von eher geringer flächenbezogener Masse ( $> 13 \text{ g/m}^2$ ). Entsprechender Verbandmull sowie Tamponadebinden sind besonders fusselfrei und speziell zur Wegleitung und Aufnahme von Flüssigkeit nässender Wunden konzipiert. Trotz definierter Mindestreißfestigkeiten verhalten sich diese Produkte wenig formstabil, insbesondere auf diagonalen Zug.<sup>13</sup>

Vliesstoffkompressen sind auch in Mischung mit oder vollständig auf Basis von synthetischem Fasermaterial, wie Polyester, erhältlich. Die ungerichtete Vliesstruktur und höhere Faserfeinheit erlauben ein besonders anschmiegsames Verhalten mit hoher Drapierfähigkeit bei großer Materialoberfläche.<sup>14</sup>

Eine Weiterentwicklung herkömmlicher Kompressen und Wundauflagen stellen kombinierte Saugkompressen dar, welche mit einem Saugkern aus Zellstoff, Watte oder Hydrogel-Superabsorbent ausgestattet sind. Durch die Auswahl hydrophober Außenlagen lässt sich zudem die Anhaftung an zu versorgenden Wunden reduzieren.<sup>15</sup>

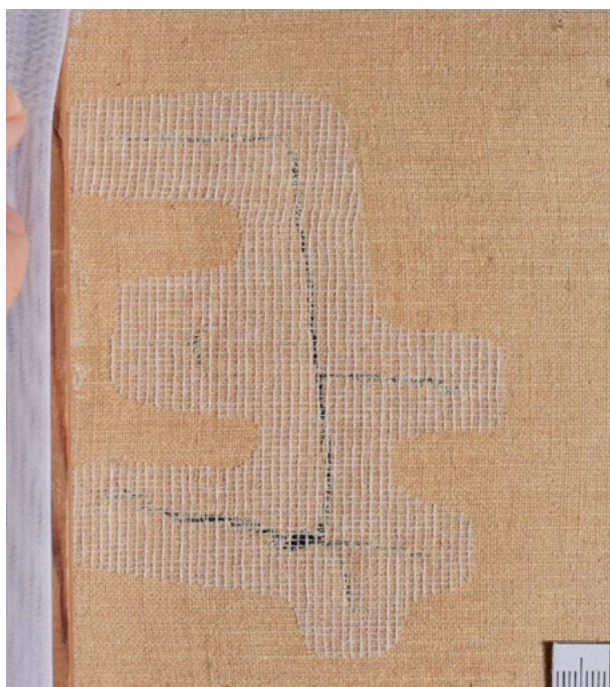
Es existieren zahlreiche weitere Tamponaden oder Hydro-polymer-, Hydrofaser- und Hydrokolloid-Produkte auf Basis von beispielsweise Alginaten, (Natrium-)Carboxymethylcellulose oder Polyurethanen, welche mitunter durch Beschichtung, beispielsweise mit hypoallergenen Acrylaten, zusätzlich adhäsiv ausgestattet sind.<sup>16</sup>

Medizinische Kompressen und Wundauflagen werden beispielsweise bereits zur Oberflächenreinigung, für Abnahmen von Überzügen sowie bei Extraktionen als Trägermatrix von Reinigungs- und Lösungsmitteln in der Konservierung-Restaurierung verwendet. Die anwendungsbedingt hohe Standardisierung und Reinheit der medizinischen textilen Flächen entsprechen grundsätzlich den konservatorisch-restauratorischen Anforderungen. Insbesondere die Fähigkeit zu Flüssigkeitsaufnahme und -rückhalt sowie Permeabilität, Fusselfreiheit und die große Oberfläche der Produkte machen sie für Restaurator:innen in der Berufspraxis unmittelbar nutzbar, sofern sie keine unerwünschten Additive enthalten. So werden beispielsweise Silber oder Polyhexanid als antiseptische oder -mikrobielle Produktausstattung an manchen Wundauflagen eingesetzt (beispielsweise Imprägnierung mit Iodoform am Baumwoll-Verbandstoff-Produkt Opraclean, Fa. Lohmann & Rauscher GmbH & Co. KG, Neuwied), was sie für die Konservierung-Restaurierung ungeeignet macht.<sup>17</sup> Geeignete Varianten stellen unter anderem Produkte wie Gazin (Baumwoll-Mullkomresse), Vliwasoft (weiche Viskose-Polyester-Vliesstoffkomresse) oder Zemuko (weiche Polyester-Viskose-Universalkomresse mit Zellstoff-Saugkern) dar (alle Produktbeispiele ebenfalls Fa. Lohmann & Rauscher GmbH & Co. KG).<sup>18</sup>



Für Oberflächenreinigungen und Abnahmen von beispielsweise Überzügen ist das Produkt Evolon (Fa. Freudenberg Performance Materials, Weinheim) besonders hervorzuheben, das bereits mehrfach erfolgreich bei Firnisabnahmen eingesetzt wurde (Abb. 4).<sup>19</sup> Bei Evolon handelt es sich um ein fusselfreies, permeables Vlies auf Polyester-Polyamid-Basis mit hohem Absorptionsvermögen, das sich auch aufgrund der großen Oberfläche ideal für Abnahmen unterschiedlicher Art eignet. Das Vlies ist zudem schnell trocknend und waschbar, sodass es nachhaltig wiederverwendet werden kann.<sup>20</sup>

Neben solchen vergleichsweise dichten, ungerichteten Vlies-Strukturen mit großer Oberfläche finden teils auch fusselfarme Zellstofftupfer, wie die Produkte Pur-Zellin (Fa. Paul Hartmann AG, Heidenheim) oder Zelletten (Fa. Lohmann & Rauscher GmbH & Co. KG, Neuwied), bereits für konservatorisch-restauratorische Reinigungsmaßnahmen Anwendung.



5 Hinterlegung eines Risses im textilen Bildträger mit BEVA 371-beschichteter DracoFix-Baumwollgaze zur ersten Sicherung und Vorbereitung der weiteren Maßnahmen zur Risssschließung

Des Weiteren werden feine Gazen auch für Hinterlegungen verwendet oder als Flicker genutzt: Insbesondere gewebte Baumwollgazen offener Struktur, wie Produkte des Typs DracoFix (Dr. Ausbüttel & Co. GmbH, Dortmund), werden zum Beispiel in Kombination mit BEVA 371 zur temporären Sicherung oder dauerhaften Unterstützung von Einzelfadenverklebungen anstelle von Fadenbrücken eingesetzt.<sup>21</sup> Ziel ist hierbei die flächig-lokale Unterstützung bei möglichst minimaler Versteifung (Abb. 5).<sup>22</sup>

Prinzipiell sind für diese und vergleichbare Anwendungen auch andere feine synthetische Gazen oder dünne, offporige Vliese denkbar: Insbesondere medizinische Vliese, wie beispielsweise OP-Abdeckungen<sup>23</sup> und andere Krankenhaus Textilien, liegen jedoch oftmals nicht als poröse, gitterartige oder anderweitig unterbrochene Flächen, sondern dichter, mitunter lediglich fein perforiert sowie speziell gänzlich feuchtigkeitssperrend vor. Neben der damit verbundenen Dampfdiffusionssperre ist auch die starrere Haptik und damit versteifende Eigenschaft solcher Vliese oftmals für konservatorisch-restauratorische Anwendungen nicht geeignet. Allgemein werden in der Praxis häufig gerichtete Gewebe anstelle ungerichtet vorliegender Vliese bevorzugt, um beispielsweise unterstützende Hinterlegungen entsprechend den vorgegebenen Verläufen der originalen Fadensysteme oder in Lastrichtungen auszurichten und so Markierungen vorzubeugen.<sup>24</sup>

Darüber hinaus finden diverse Filtertextilien zum Schutz vor Schimmelsporen, Feinstaub oder anderen toxischen Objektbestandteilen sowie Lösungsmitteldämpfen Anwendung.<sup>25</sup> Nicht nur als inertes Verpackungsmaterial, sondern auch als persönliche Schutzkleidung ebenfalls weit verbreitet ist Tyvek (Fa. DowDuPont, Wilmington/USA), ein dampfdiffusionsdurchlässiger und beständiger PE-Vliesstoff, der auch im Reinraumbedarf häufige Verwendung findet.<sup>26</sup> Ebenfalls aus dem Reinraumbedarf entlehnt, werden standardisierte Swabs statt herkömmlicher Watteträger für Testreihen und Abnahmen verschiedenster Art genutzt, wie die Swab-Produkte HUBY<sup>27</sup> oder GEM<sup>28</sup> (Fa. Hein Reinraum GmbH, Braunschweig).

Zuletzt seien exemplarisch medizinische Klebebänder und Tapes genannt, die als temporäre Sicherungsmaterialien oder Zugstreifen im Kontext der Risszusammenführung an textilen Bildträgern Anwendung finden, beispielsweise das Produkt Steri-Strip (Fa. 3M Deutschland GmbH, Neuss) oder Kinesio-Tapes unterschiedlicher Anbieter.<sup>29</sup>

## Weitere Anwendungsmöglichkeiten von Medizintextilien

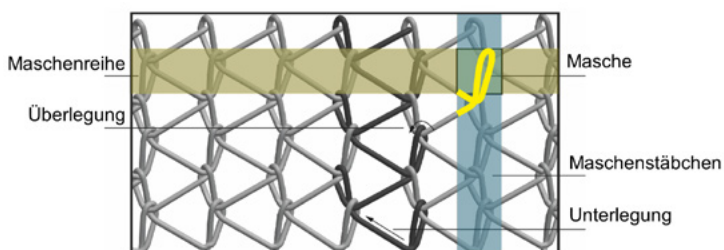
Neben den zuvor vorgestellten fadenförmigen Nahtmaterialien sowie medizinischen Geweben und Vliesen bergen weitere textile Technologien und daraus resultierende Produkte großes Potenzial für konservatorisch-restauratorische Anwendungen. Nachfolgend werden daher die drei ausgewählten Technologien Wirken, Flechten und Elektrosplennen vorgestellt sowie mögliche Einsatzgebiete erläutert.

### Wirktechnologie

Das Wirken ist eine maschenbildende Technologie, bei der ein Textil aus einer Kettfadenschar hergestellt wird. Dabei werden Maschen aus den Kettfäden gebildet und die Maschen einzelner Kettfäden mit den Maschen benachbarter Kettfäden verknüpft, um eine textile Fläche zu erhalten.

Gewirke werden häufig mit Gestricken verwechselt oder gleichgesetzt, grundlegender Unterschied bei der Produktion ist jedoch der Zeitpunkt der Maschenbildung. Anders als bei Gestricken werden bei Gewirken alle Maschen einer Reihe gleichzeitig gebildet; im Gegensatz dazu wird bei Gestricken eine Masche nach der anderen gebildet. Dadurch sind Gewirke weniger anfällig gegenüber Laufmaschenbildung. Der übergeordnete Fadenlauf in einem Gewirk ist senkrecht, während er in einem Gestrick horizontal ist (Abb. 6).<sup>30</sup>

6 Gewirke werden charakterisiert über Überlegungen (Maschenköpfe) und Unterlegungen (Verbindungselemente einer Masche zu den Maschen schräg unter und über ihr). Durch eine geeignete Kombination von Richtung und Länge der Unterlegung sowie eines geeigneten Einzugs der Kettfäden können unterschiedlichste Muster und Eigenschaften erzielt werden; in der Abbildung ist die Grundlegung „Trikot“ dargestellt.

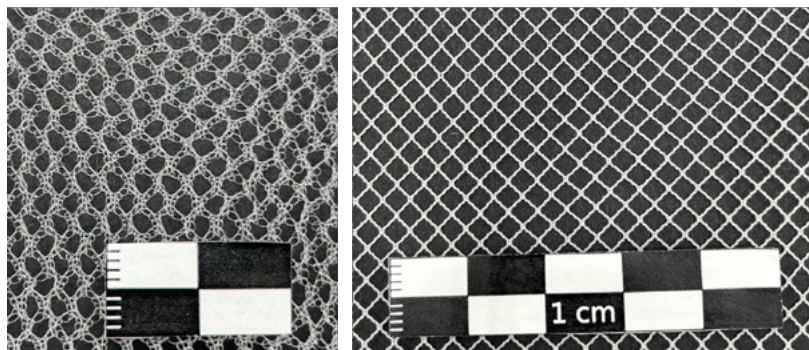
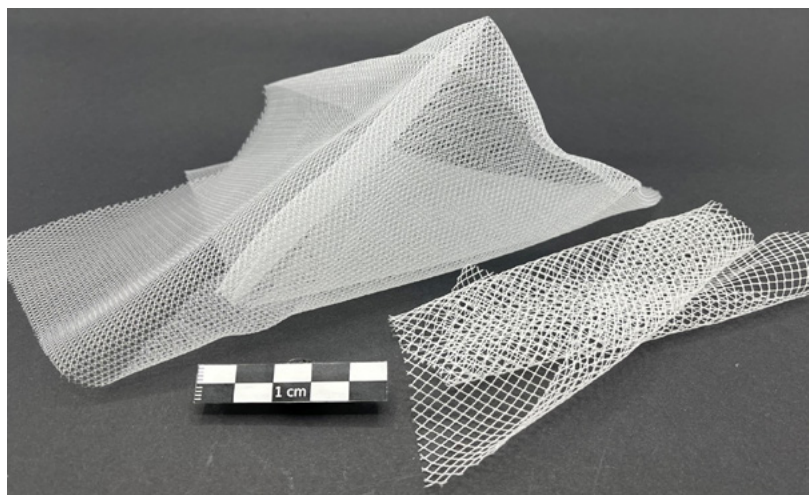


### Gewirkte Netze

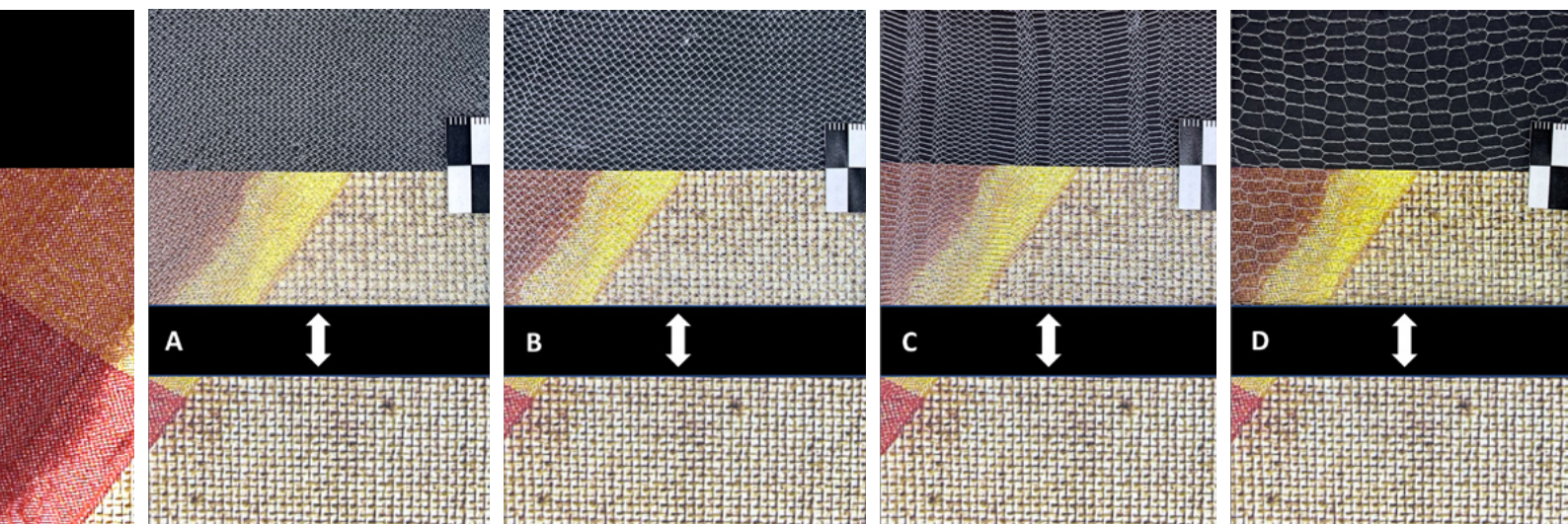
Bei bereits in der Medizintechnik eingesetzten Netzen handelt es sich um gewirkte textile Flächengebilde unterschiedlicher Geometrie, Struktur und Legung.<sup>31</sup> Auf diese Weise können Porosität, Porengröße und mechanische Eigenschaften der Netze prozessseitig variabel eingestellt und an den Anwendungsfall angepasst werden. Klassischerweise zeigt Maschenware eher ein anisotropes Verhalten, doch durch gezielte Legungsmodifikation lassen sich auch isotrope Netzeigenschaften erzielen.

Die Eigenschaften der Netze sind dabei auch von den verwendeten Filamenten abhängig; so sind beispielsweise sehr weiche und hochfeine Netze aus Multifilamenten herstellbar, die fast transparent erscheinen. Gleichzeitig lassen sich aus Monofilamenten auch gröbere und steifere Netze herstellen. Je nach Design sind diese Netze mehr oder weniger drapierfähig und stützend (Abb. 7).

7 Zwei Netzgewirke unterschiedlicher Steifigkeit und Drapierfähigkeit (oben); das steifere Netz ist aus PP-Monofilamenten hergestellt (unten links), das anschmiegsamere Netz besitzt eine Diamantstruktur (unten rechts)







8 Exemplarische Demonstration einer Überspannung mit feinen Multifilament-Netzgewirken (Herstellung ITA, RWTH Aachen) unterschiedlicher Struktur und Porengröße (A: Tuch, B: Trikot, C und D: Unterschiedliche Kombinationen der Grundlegungen Franse, Trikot und Tuch)

Gewirkte Netze werden als anpassungsfähige Stützstrukturen in der Medizin beispielsweise als Herniennetze oder zur Behandlung von Beckenbodenschwäche eingesetzt.<sup>32</sup> Für den Einsatz in der Medizin sind die synthetischen Polymere PP und PET gängige Materialien, allerdings werden auch PVDF und PTFE genutzt. Anbieter von solchen kommerziellen medizinischen Netzen sind unter anderem die Firmen B. Braun SE (Melsungen), Ethicon/Johnson & Johnson, Inc. (Bridgewater/Cincinnati, USA), FEG Textiltechnik Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH (Aachen), Medtronic GmbH (Meerbusch) oder Serag-Wiessner GmbH & Co. KG (Naila).

Für die Konservierung-Restaurierung bergen die einerseits hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sowie andererseits die stützenden Eigenschaften von Netzgewirken großes Potenzial:

So werden beispielsweise bereits anschmiegsame Leno-Drehergewebe<sup>33</sup> als Alternative zu den bereits zuvor erwähnten, weniger formhaltenden offenen Baumwollgazen unter anderem für Hinterlegungen von Rissverklebungen angewendet, für welche solche offenporigen Netze jeweils eine weitere mögliche Alternativen darstellen können. Während bei der Gewebeherstellung hohe Belastung durch kontinuierliche Reibung auf den Kettfadenfilamenten liegt, ist bei Netzgewirken die Verarbeitung deutlich empfindlicherer und feinerer Filamente möglich.

Weitergehend ließe sich über durchsichtige Netz-Hinterspannungen nachdenken, wie sie zum Beispiel bislang als opake Cami-Linings an Gemälden auf textilem Bildträger Anwendung finden.<sup>34</sup> Nicht nur bieten solche Hinterspannungen einen effektiven Schwingschutz, sie bieten auch eine mechanische Verankerung, die speziell an Großfor-

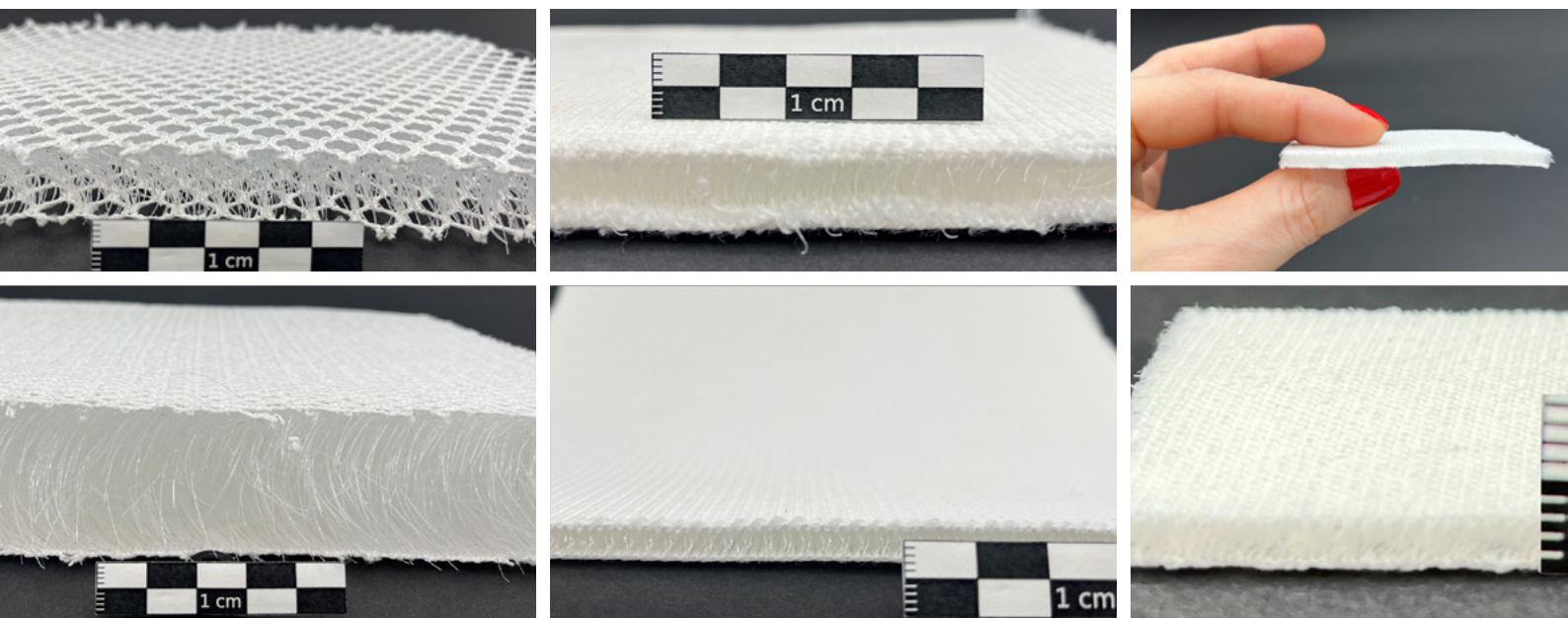
maten einem Erschlaffen und Kriechen entgegenwirken kann.<sup>35</sup> Im Gegensatz zu opaken Hinterspannungen erhalten (semi-)transparente Netze die darunterliegenden Informationen, wie zum Beispiel mögliche Stempel oder Intarsien im Bildträger sowie allgemeinen Zustand und Technologie des Trägers.<sup>36</sup>

Bei Objektpräsentationen könnten solche Netze somit auch zwischen Objektrückseite und Wand zur Entlastung vertikaler Hängungen oder bei geneigten Auslagen als „Anti-Rutsch-Schutz“ fungieren.

Des Weiteren wären transparente, bereits auf geringen Betrachtungsabstand nahezu unsichtbare Überspannungen denkbar, die beispielsweise zur Sicherung fragiler Fragmente und Bestandteile an diversen Objekten dienen könnten (Abb. 8).

Zudem ist auch die Nutzung als strukturiert-gerichteter Füllstoff (Einlage) in Kittungen sowie als ausgleichendes und verankerndes Unterlegungstextil in mehrschichtigen Verbünden denkbar, vergleichbar der Nutzung von Faserkaschierungen (Werg) in der Zubereitung von Holztafeln für die Tafelmalerei.





9 Beispiele verschiedener Abstandsgewirke unterschiedlicher Dicken und Dichtigkeiten; im Querschnitt sind die stehenden Pölfäden zwischen den Deckflächen deutlich zu erkennen.

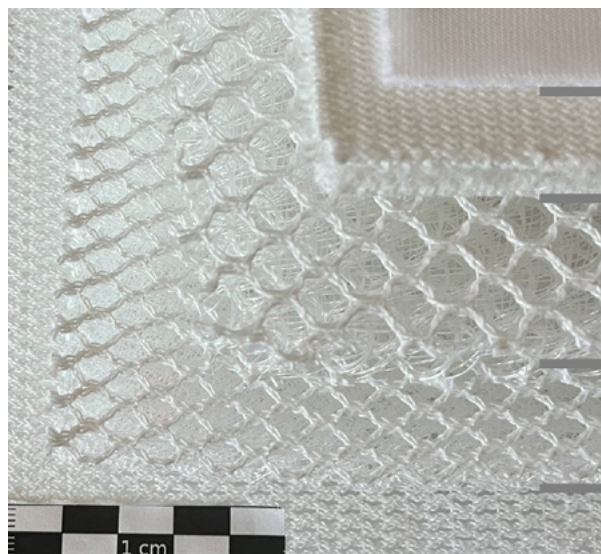
#### Abstandsgewirke

Abstandsgewirke bestehen aus zwei gewirkten Deckflächen, die mit mindestens einem Pölfadensystem<sup>37</sup> in einem definierten Abstand senkrecht miteinander verbunden sind. Die Deckflächen sowie das Pölfadensystem können unabhängig voneinander gemustert werden. Dadurch können die Drapierbarkeit und die mechanischen Eigenschaften des Abstandsgewirks genau auf den Anwendungsfall angepasst werden. Durch eine geschickte Wahl von Garn-Polymer und Garneigenschaften können entweder besonders weiche Abstandsgewirke oder solche mit besonders hoher Formstabilität produziert werden. Aus dem jeweiligen Aufbau ergeben sich unterschiedliche Steifigkeit, Kompressibilität und Dichtigkeit, was verschiedene Grade an Polsterung, Stoßdämpfung sowie Isolierung und Durchlässigkeit für Luftzirkulation und Feuchteaustausch zur Folge hat (Abb. 9, 10).<sup>38</sup>

In der Medizintechnik werden Abstandsgewirke beispielsweise in atmungsaktiver Kompressionskleidung oder in Bandagen eingesetzt. Weitergehend werden sie als Füll- und Leitstrukturen im Tissue Engineering für künstlichen Gewebeersatz erforscht.<sup>39</sup>

Auf dem freien Markt erhältliche Abstandsgewirke werden beispielsweise von den Firmen Müller Textil GmbH (Wiehl-Drabenderhöhe) oder Bowi-Styl (Lodz, Polen) produziert. Für die Konservierung-Restaurierung liegt nicht nur die Anwendung als polsterndes Verpackungsmaterial nahe, beispielsweise als Alternative und Ergänzung zu bereits verwendetem Ethafoam und anderen Schaumstoff-

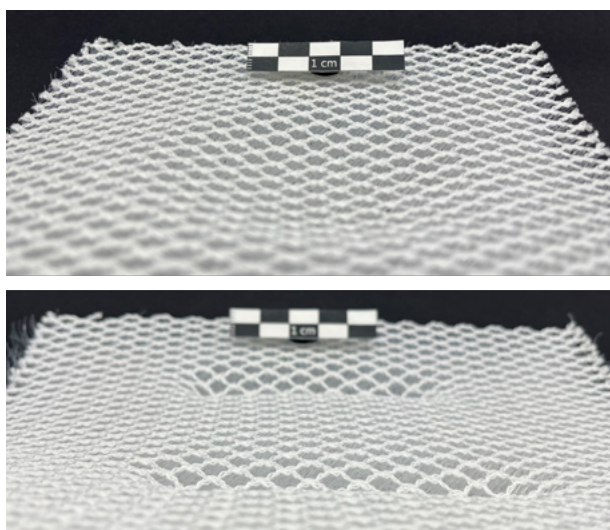
fen, sondern auch in der Verwendung für Rückseiten- und Schwingschutz.<sup>40</sup> Je nach Aufbau ergibt sich eine thermische Isolierung durch das eingeschlossene Luftpolster, die Abstandsgewirke sind jedoch prinzipiell atmungsaktiv und erlauben eine verzögerte Feuchtigkeitsdurchlässigkeit bei hygrischen Wechseln, sodass sich idealerweise keine feuchten Klimakammern zwischen Objektrückseite und Rückseitenschutz ausbilden. Als sogenanntes Contact Backing, Rückseitenschutz mit Kontakt, böten sie potentiell auch eine mechanische Verankerung, speziell an Großformaten mit Relaxations- und Kriechneigung.



10 Exemplarische Aufsicht der Deckflächen verschiedener Abstandsgewirke; durch offenerere oder dichtere Deckflächen ergeben sich abweichende Grade der Isolierung.

## Flechttechnologie

Eine Anpassung auf unregelmäßige Formen lässt sich zum Beispiel durch Einprägung von 3D-Strukturen mittels Thermofixierung<sup>41</sup> erzielen (Abb. 11). Durch die stoßdämpfenden Eigenschaften kann zudem angenommen werden, dass sich trotz direkten Kontakts transportbedingte Vibrationen weniger stark negativ auf das Objekt übertragen. Interessant könnte zudem eine Verwendung analog zum medizinischen Tissue Engineering<sup>42</sup> sein: und zwar als leichte, formstabile Ergänzungsstruktur für hochvolumige Materialverluste. Durch die Auswahl (gegebenenfalls auch gezielt hydrophober) Faserpolymere ließen sich zudem unerwünschte Quellungen und Dimensionsveränderungen bei Einbettung in wasserbasierte Kittmassen vermeiden, da so der Feststoffanteil und die Formstabilität vor sowie nach Trocknung erhöht werden.



11 Abstandsgewirke mit 3D-Formprägung durch Thermofixierung, exemplarische konkave Einbuchtung mit weichen Übergängen (oben) sowie schärfere Einkerbungen definierter Begrenzung (unten)

Bei der Technologie des Flechtens werden mehrere textile Liniengebilde miteinander verflochten, um zwei- oder dreidimensionale Strukturen zu erzeugen. Durch das Verflechten von drei oder mehr Fäden entlang der Produktachse können Geflechte definierter Geometrie (Dicke und Breite) sowie mechanischer Eigenschaften (Festigkeit und Strukturdehnung) entsprechend der gesetzten Anforderungsprofile hergestellt werden.<sup>43</sup>

In der Medizintechnik werden Geflechte unter anderem bereits erfolgreich für die Herstellung geflochtener Nahtmaterialien und Tape-Strukturen in der Orthopädie<sup>44</sup> sowie als Stents für die Gefäßchirurgie<sup>45</sup> eingesetzt.

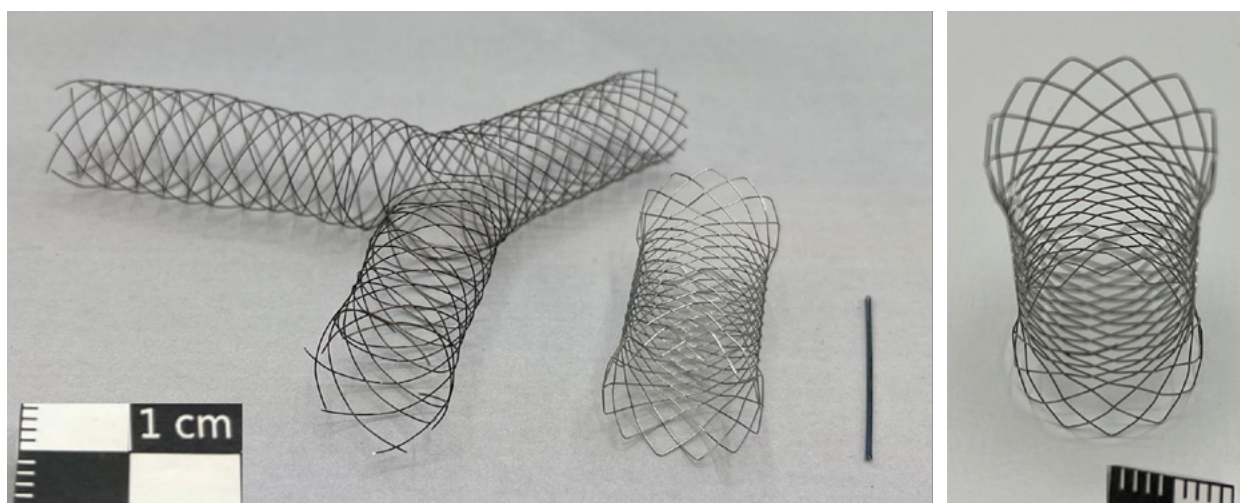
### Geflochtene Hohlraumstrukturen

Allgemein werden medizinische Stents zum Offenhalten von Lumen genutzt, wie es bei der Behandlung von endovaskulären Erkrankungen oder Stenosen notwendig wird:

Auch geflochtene Stents stellen Implantate dar, die zum Offenhalten von Hohlorganen dienen. In der Medizintechnik werden geflochtene Stents auf Basis verschiedener Materialien hergestellt, wie unter anderem Drähten aus Metalllegierungen (Cobalt-Chrom oder Nickel-Titan<sup>46</sup>) oder resorbierbaren Polymerfasern. Die resultierenden Geflechte lassen sich über feine Katheter endoskopisch komprimiert in das Körperinnere einführen. Die Expansion erfolgt beispielsweise über Ballon-Katheter oder durch Ausnutzung des Formgedächtnisses von Nitinol-Stentstrukturen, bedingt durch Superelastizität oder Reaktion auf Temperatur-Trigger.<sup>47</sup> Durch Auswahl der geeigneten Flechttechnologie lassen sich auch atraumatisch geschlossene Stent-Enden und komplexe Geometrien abseits einfacher tubulärer Strukturen erzielen (Abb. 12).

12 Unterschiedliche Stent-Geflechte in Y-Hohlstruktur mit offenen Enden sowie eine einfache tubuläre Struktur mit geschlossenen, atraumatischen Enden.

Während diese beiden Geflechte ein Lumen > 10 mm aufweisen, illustriert der feine Stent rechts davon ein Lumen < 1 mm bei erhöhter Dichtigkeit.





## Elektrospinnen

Für die Konservierung-Restaurierung wäre die Ausnutzung solcher Flechtstrukturen beispielsweise zur Stabilisierung von schwer zugänglichen Hohlräumen innerhalb von Objekten denkbar. Das über kommerziell erhältliche feine Katheter oder Sonden einführbare und sich dann expandierende Geflecht könnte als skelettartige Struktur so auch einem Zusammenfallen oder dem Eindringen von fragilen Strukturen entgegenwirken. Weitergehend wäre es denkbar, die hohe Radialkraft Stent-ähnlicher Flechtstrukturen auch für die temporäre Unterstützung zu nutzen, zum Beispiel als Unterlage bei der Bearbeitung von nachgiebigen 3D-Hohlraumobjekten. Bedingt durch den rundgeflochtenen Aufbau ziehen sich diese Strukturen bei Zug in Längsrichtung zusammen, ähnlich einer Fingerfalle, während sich beim Zusammenschieben der Innendurchmesser vergrößert. Dies erlaubt prinzipiell das einfache Herausziehen, auch aus dicht anliegenden Hohlräumen, und somit maximale Reversibilität.

Auf dem freien Markt verfügbare Stent-Produkte werden unter anderem von den Firmen Acandis GmbH (Pforzheim), Leufen Medical GmbH (Berlin), Boston Scientific Medizintechnik GmbH (Düsseldorf), ELLA-CS, s.r.o. (Hradec Králové/Tschechien) oder MTW-Endoskopie W. Haag KG (Wesel) angeboten. Diese Stentgeflechte haben in der Regel Durchmesser von lediglich wenigen Millimetern bei wenigen Zentimeter Länge. Während Neurostents in besonders geringen minimalen Durchmessern erhältlich sind (ca. 1,5 mm)<sup>48</sup>, sind Ösophagus- und Duodenum-Stents (für Speiseröhre und Zwölffingerdarm) in größeren Abmessungen verfügbar (ca. 20–30 mm)<sup>49</sup>.

Für die beschriebenen Anwendungsbeispiele in der Konservierung-Restaurierung erscheint das Funktionsprinzip vielversprechend, bei Bedarf für größere tubuläre Geflechte oder komplexere Geometrien stehen jedoch keine kommerziellen medizinischen Produkte zur Verfügung.

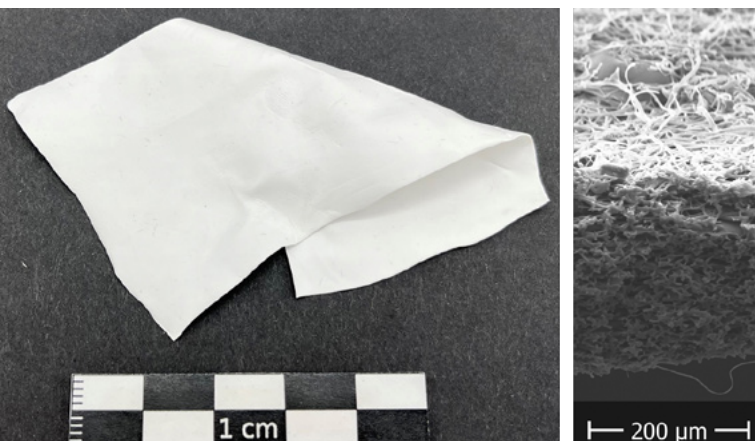
Beim Elektrospinnen<sup>50</sup> wird eine elektrostatische Kraft genutzt, um aus einer Polymerschmelze oder -lösung ein Filament zu formen und dieses sehr stark bis zum Erreichen von Faserdurchmessern < 1 µm zu verstrecken. Dabei wird die elektrostatische Kraft durch ein angelegtes Potential zwischen einem Emitter und einem Faserkollektor realisiert. Beim düsenbasierten Elektrospinnen erfolgt die Extrusion des Polymers zumeist aus einer Hohnadel:

Die so herstellbaren Nanofasern und ultrafeinen Fasern sowie die aus ungerichteter Faserablage unmittelbar resultierenden Vliese (Abb. 13) weisen aufgrund ihrer hohen spezifischen Oberfläche und porösen Struktur gute Eigenschaften für medizinische Anwendungen auf, zum Beispiel zur Veredelung von Oberflächen medizinischer Implantate, für das Tissue Engineering, für Medizinprodukte mit Wirkstofffreisetzung (drug delivery) sowie zur Filtration.<sup>51</sup> Mittels Elektrospinnen lassen sich beispielsweise auch geflochtene Stent-Strukturen nachträglich umspinnen und abdichten.<sup>52</sup>

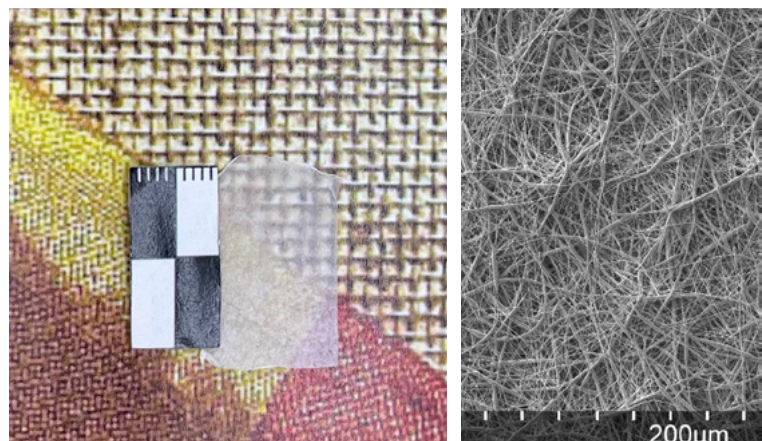
In Ergänzung bereits in der Konservierung-Restaurierung etablierter, herkömmlicher medizinischer Vliese sind solche elektrogesponnenen Vliesstrukturen unter anderem im Kontext der Oberflächenreinigung interessant. Die hohe spezifische Oberfläche von elektrogesponnenen Nanofaservliesen kann eine hocheffiziente und gleichzeitig schonende mechanische Schmutzabnahme ermöglichen, ähnlich einem besonders innovativen Mikrofasertuch.

Durch die Ablage feinsten Nanofasern im Elektrospinnen lassen sich auch hauchdünne, nahezu transparente Vliese produzieren, die wie Häutchen erscheinen (Abb. 14). Durch Verwendung wasserlöslicher Polymere könnten diese als transparente Facings eingesetzt werden, die durch minimalen Feuchtigkeitseintrag reaktiviert und vergleichbar eines Remoistenable Tissues<sup>53</sup> zur temporären Sicherung appliziert werden könnten.

**13** Beispiel eines vergleichsweise dicken, elektrogesponnenen PCL-Vlieses (links); der Griff des Textils ist ausgesprochen weich bei hoher Drapierfähigkeit, bedingt durch den feinfaserigen Aufbau und die große Oberfläche, wie im REM-Detail erkennbar (rechts).



**14** Exemplarische Auflage eines dünnen, leicht transparenten elektrogesponnenen PCL-Vlieses auf einen farbigen Untergrund (links) sowie REM-Detail des Faservlieses (rechts); der Einzelfaserdurchmesser beträgt nur ca. 0,6–1,2 µm.



Des Weiteren wäre es denkbar, ganze Objektoberflächen, wie beispielsweise Rückseiten textiler Bildträger, mit elektrogewebten Vliesen zu behandeln: Die applizierten (Nano-)Fasern könnten zum Beispiel alkalisch pH-gepuffert sein, um hydrolytischen Abbau von cellulosischen Fasern entgegenzuwirken<sup>54</sup>, oder aber der Festigung stark abgebauter, fast kreiender Gewebe dienen. Letztere Option ähnelt den bereits verfolgten ersten Ansätzen zur Festigung textiler Gewebe mit Nanocellulosen<sup>55</sup> oder Celluloseethern, bei denen jedoch das Medium zur Applikation in gelöster Form oftmals ein Problem darstellt. Durch Nutzung des Elektrogewebverfahrens ließe sich ein feines Vlies vorproduzieren und reaktivieren, sodass der Lösungsmittelantrag minimiert würde.<sup>56</sup>

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Vielfalt unterschiedlicher Technologien, Produkte und Materialien medizinischer Textilien birgt zahlreiche Ansätze für verschiedene konservatorisch-restauratorische Anwendungen, um – ganz wie am Patienten – individuell anpassbare Konzepte auch für Objekte zu nutzen. Während insbesondere Nahtmaterialien sowie unterschiedliche medizinische Gewebe und Vliese, wie Kompressen und Wundauflagen, bereits Einzug in die konservatorisch-restauratorische Praxis gefunden haben, bieten auch die bislang kaum bekannten Technologien des Wirkens, Flechtens und Elektrogewebens diverse nutzbare Optionen.

Als besonders vielversprechend und vergleichsweise einfach implementierbar stellen sich insbesondere gewirkte Netzstrukturen und Abstandsgewirke dar. Diese Produkte sind bereits in verschiedenen Ausführungen auf dem freien Markt verfügbar.<sup>57</sup> Hier ist es im Vorfeld der Übertragung in die konservatorisch-restauratorische Praxis jedoch unerlässlich, die Produkte entsprechend auf ihre neue Anwendung hin zu prüfen und evaluieren.<sup>58</sup> Der vorliegende Artikel stellt in erster Linie eine Ideensammlung, jedoch keine Handlungsempfehlung dar. Bei der Untersuchung und Erschließung von neuen Technologien, Produkten und deren Anwendungspotenzialen sind wie immer insbesondere die Einrichtungen der Hochschulausbildung von Restaurator:innen und ihre Studierenden besonders dazu aufgerufen, aktiv zu werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass selbstverständlich nicht nur medizinische Textilien vielfältige Möglichkeiten für konservatorisch-restauratorische Anwendungen bieten, sondern auch andere Bereiche der Textiltechnik.<sup>59</sup>

Als Ausblick seien an dieser Stelle neuartige Entwicklungen im Gebiet von Aerogelen erwähnt. Durch Faserherstellung im Lösungsmittelspinnverfahren können unter anderem spezielle Ausrüstungen und Additivierungen von Fasern umgesetzt werden. So lassen sich zum Beispiel hochporöse Fasern auf Aerogelbasis herstellen, welche bei extrem geringem Gewicht eine sehr hohe spezifische Oberfläche im Inneren besitzen (Abb. 15).<sup>60</sup> Auch solche aerogelbasierten textilen Strukturen könnten für die Konservierung-Restaurierung beispielsweise im Kontext der Oberflächenreinigung interessant sein. Die hohe Wasseraufnahmefähigkeit und das gleichzeitige Wasserrückhaltevermögen entsprechend eingestellter Aerogel-Vliese lässt auch hier die Nutzung als Kompressenmaterial vielversprechend erscheinen.



15 Mehrlagiges Aerogel-Vlies  
(Größe 20 cm x 20 cm)

### Danksagung

Wir danken herzlich dem Team rund um die Tagung „Neu Verflechten!“, dem VDR – Verband der Restauratoren, dem CICS – Cologne Institute of Conservation Sciences sowie der TH Köln für die Ermöglichung des spannenden Austauschs vom 27. bis 29. Juni 2024 in Köln. Insbesondere sei der VDR-Fachgruppe Textil mit ihren Sprecherinnen Kerstin Heitmann, Nadine Schönhütte und Bettina Voitsch-Leppin sowie Prof. Dr. Nicole Reifarth, Laura Peters und den Studierenden der Studienrichtung TAF am CICS für die hervorragende Organisation und das damit verbundene Engagement gedankt.

Dr.-Ing. Hannah Flock M.A.

Leonie Hoffmann M.Sc.

Prof. h. c. (MGU) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries  
ITA – Institut für Textiltechnik, RWTH Aachen University  
Otto-Blumenthal-Str. 1  
52074 Aachen



## Anmerkungen

- 1 Die Anwendungsfelder medizinischer Textilprodukte erstrecken sich breit in alle erdenklichen Bereiche diverser Objektgruppen und Aufgaben. Im Rahmen der Tagung „Neu Verflechten!“ (Tagung der Fachgruppe Textil, VDR – Verband der Restauratoren & CICS – Cologne Institute of Conservation Sciences, TH Köln), 27.–29. Juni 2024 in Köln, wurde nicht nur ein Einblick zu in der konservatorisch-restauratorischen Praxis bereits eingesetzten, sogenannten „Medical Textiles“ gegeben, sondern insbesondere ein systematischer Überblick zu verschiedenen Materialien und Produktgruppen ermöglicht. Ziel war insbesondere, bislang nicht erwogene, unbekannte oder gänzlich neue Optionen und Alternativen für die Konservierung-Restaurierung aufzuzeigen. Das vorliegende Paper fasst diesen Tagungsbeitrag zusammen.
- 2 Zu Maßgaben chirurgischer Nähte, s. auch BYRNE/ALY 2019; zur Technik der Einzelfadenverklebung, s. bspw. FLOCK 2020 im Kontext Gemälderestaurierung sowie BECKER 2002 im Kontext Textilkonservierung
- 3 Unter Liniengebilde fallen Stapelfasern und Endlosfilamente sowie daraus hergestellte Garne und Zwirne, während Flächengebilde zu Geweben und Geflechten verkreuzte oder zu Gewirken und Gestriken vermaschte Fadensysteme umfassen. Auch faserbasierte textile Vliesstoffe gehören zu den textilen Flächengebilden. Für weitere Grundlagen der Textiltechnik s. auch BOBETH ET AL. 1993, GRIES ET AL. 2019, VEIT 2023 oder VITI/HAUDEK 1981
- 4 S. auch <https://www.goremedical.com/products> [Zugriff: 30.08.2024]
- 5 S. auch NGUYEN ET AL. 2022
- 6 Mehr dazu auch bei BYRNE/ALY 2019, SERAG-WIESSNER 2017 oder MCFADDEN 2022
- 7 Grundlegende Informationen zu nähtechnischen Sicherungen finden sich u. a. bei BENSON/LENNARD/SMITH 2014, JEDREZEJEWSKA 1981, LANZ 1996, LENNARD ET AL. 2022 und 2024, POW 1970, SCHÖN 2017 oder TARLETON/HAMLIN 2023.
- 8 Grundlegende Informationen zur Rissvernähung finden sich u. a. bei BELTINGER 1992, HEDINGER 1999, GLANZER/BRACHT/WIJNBERG 2006 oder SCHWÄGERL 2015.
- 9 In diesem Kontext ist wichtig zu erwähnen, dass eine alleinige Rissvernähung, das heißt ohne eine ergänzende Einzelfadenverklebung, oftmals nicht zur Risssschließung eines unter Spannung stehenden textilen Bildträgers genügt und die zusätzliche Einzelfadenverklebung erfolgen sollte (FLOCK 2020, S. 13 und FLOCK ET AL. 2022, S. 172). Das textile Objekt verfügt nicht über die Fähigkeit der Selbstheilung zum Wundverschluss, welcher erst die notwendige Festigkeit für eine ausreichende und langfristige Lastübernahmen ermöglicht.
- 10 Atraumatisch bedeutet, dass kein Nadelöhr und keine verdickte Fadenfassung vorliegen.
- 11 Eine weitere hilfreiche Bezugsplattform stellt in diesem Kontext auch die Website [www.medicalexpo.de](http://www.medicalexpo.de) dar [Zugriff: 29.08.2024].
- 12 Nach DIN EN 14079 (Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für Verbandmull aus Baumwolle und Verbandmull aus Baumwolle und Viskose)
- 13 S. auch DIN EN 14079 und VASEL-BIERGANS 2013, S. 7–9
- 14 Vgl. VASEL-BIERGANS 2013, S. 7–9
- 15 S. auch REGNET 2022, S. 584–590 und DANZER 2021, S. 227–228.
- 16 S. u. a. PROTZ 2016, S. 50; VASEL-BIERGANS/PROBST 2011, S. 118–119, 130–131; PROSCHEK 2017, S. 34–37
- 17 Vgl. REMBE ET AL. 2018, S. 268–274
- 18 S. auch <https://www.lohmann-rauscher.com/de-de/produkte/klinikbereich/wundversorgung/kompressen-tupfer-und-tamponaden/gazin/gazin-mullkompressen/> [Zugriff: 19.08.2024]
- 19 S. auch ALBRECHT 2013
- 20 Bei Evolon handelt es sich um ein hypoallergenes Vlies, das u. a. auch für Reinigungstücher oder Allergiker-Bettbezüge Verwendung findet. S. auch <https://evolon.freudenberg-pm.com/evolon-technologie/hauptvorteile> [Zugriff: 19.08.2024]
- 21 Zum Beispiel in Beschichtung mit durchgehendem BEVA 371-Film (25 µm Dicke) oder als auf die Fäden beschränkter, „gerasterter“ Klebstoffauftrag (vgl. HEIBER 1987). Die Rasterung kann bspw. durch mehrfachen Sprühauftrag (mit Zwischentrocknungen zur Vermeidung von Klebstoff-Durchtränkungen) von verdünnter BEVA 371-Lösung (Verdünnung mit Siedegrenzbenzin 100-140) erfolgen. Die Klebstoffreaktivierung erfolgt in der Regel thermoplastisch.
- 22 Mehr zu Flickern u. a. bei YOUNG 2003 und SCHÄFER 2010 von Linda Schäfer-Krause, Restaurierungswerkstatt Fobes & Schäfer GbR (Köln). Zu Fadenbrücken, s. auch FLOCK 2020
- 23 Bspw. die Produkte Foliodrape (Fa. Paul Hartmann AG) oder Raucodrape (Fa. Lohmann & Rauscher GmbH), welche aus jeweils einer Lage undurchlässiger PE-Folie sowie saugfähigem PE-Vlies bestehen
- 24 Eine große Produktauswahl an bislang nicht für die Konservierung-Restaurierung erwogenen Binden und Geweben findet sich u. a. bei der Fa. KOB GmbH, Wolfstein, [www.kob.de](http://www.kob.de) [Zugriff: 21.08.2024].
- 25 S. auch SPIEGEL ET AL. 2019
- 26 S. auch <https://www.dupont.de/brands/tyvek.html> [Zugriff: 30.08.2024]
- 27 Vgl. <https://www.hein-reinraum.de/reinraum-swab-huby-340-ca-005/> [Zugriff: 21.08.2024]
- 28 Vgl. <https://www.hein-reinraum.de/reinraum-swab-gem-swab-s-dp125/> [Zugriff: 21.08.2024]
- 29 S. auch PRINS 2017 oder KREZ 2015
- 30 S. WEBER/WEBER 2014, ab S. 40 sowie weitere Details zum Prozess des Wirkens auch bei RAZ 1987
- 31 Um ein Muster und dessen Umsetzung auf der Wirkmaschine zu beschreiben, werden Legungsbilder, Legungspläne und Einzugspläne nach DIN EN ISO 23606 erstellt. Die Grundmuster sind Franse, Trikot, Tuch, Satin, Samt und Atlas. Die Unterlegungslänge nimmt von Franse zu Samt zu (von 0 auf 4). Ein Rapport ist bei Franse eine Masche, hingegen bei Trikot, Tuch, Satin und Samt jeweils zwei Maschen lang. Jede dieser Legungen kann mit offenen oder geschlossenen Maschen ausgeführt werden.
- 32 S. bspw. HELMEDAG ET AL. 2022, WANG ET AL. 2021 oder SERAG-WIESSNER 2015
- 33 Bei Drehergeweben umschlingen sich benachbarte Kettfäden aus zwei Kettfadensystemen gegenseitig. Die Schussfäden werden dadurch verschiebungssicher eingebunden (s. auch FRANZEN 1965, S. 293).
- 34 S. auch HACKNEY 2020, S. 212–217
- 35 S. auch TROSBACH 2002

- 36 Teilweise wurden in der Vergangenheit bereits auch Hinterspannungen und Doublierungen mit Glasfasergeweben diskutiert, da diese mitunter zumindest semitransparente Eigenschaften aufweisen (s. auch BOISSONNAS 1961). Glasfasermaterialien sind jedoch insofern als sehr kritisch zu beurteilen, da eine enorme Versteifung und Eigenschaftsveränderung des Objekts mit ihnen einhergehen.
- 37 Die Pol- oder Abstandsfäden verbinden die Deckflächen und stehen senkrecht zwischen diesen, indem sie als Fangmaschen in die Deckflächen eingearbeitet und somit fest in der Struktur verankert werden (s. auch GRIES/VEIT/WULFHORST 2015, S. 191).
- 38 S. auch GRIES/VEIT/WULFHORST 2015, S. 171–194
- 39 S. auch SCHÄFER ET AL. 2020
- 40 S. auch DURHAM 1995, FRANKENSTEIN 1998, EIPPER 2015, GUTMANN 2004, SCHÄFER 2005 oder HACKNEY 2020, S. 212–217
- 41 Durchführbar bspw. im Ofen durch Auflage beschwerender Gewichte; hier exemplarisch durchgeführt an einem PET-Abstandsgewirk mit ca. 70–100 °C über mehrere Stunden (vgl. Abb. 11). Durch Heißschneiden lassen sich zudem besonders saubere Kanten ohne herausfallende oder -stehende Polfäden erzielen. Temperatur und Dauer beim Prozess des Thermofixierens (Heatsetting) sind allgemein in Abhängigkeit vom Polymer und dessen Eigenschaften zu wählen: Die Temperatur muss zwischen Glasübergang und Schmelzpunkt und sollte über späterer Anwendungstemperatur liegen. S. auch BODE ET AL. 2007, S. 25
- 42 Tissue Engineering ist ein interdisziplinäres Forschungsfeld, das die Ingenieur- und Naturwissenschaften verbindet. Das Forschungsfeld wird mit dem Ziel bearbeitet, biologische Ersatzstrukturen zu schaffen, welche die Funktion von nativem Gewebe wiederherstellen, aufrechterhalten oder ersetzen (s. auch LANGER/VACANTI 1993).
- 43 Für Basiswissen zur Flechttechnologie, s. auch GRIES/VEIT/WULFHORST 2015 und ENGELS 1994
- 44 S. bspw. EMONTS ET AL. 2022
- 45 S. bspw. CAGNAZZO ET AL. 2018
- 46 Auch Nitinol genannt, als Akronym für „Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory“, da dieses Formgedächtnislegierung 1958 am Naval Ordnance Laboratory (White Oak/USA) entwickelt wurde
- 47 S. auch BARRAS/MYERS 2000
- 48 S. auch Fa. Acandis, <https://www.acandis.com/produkt-portfolio/> [Zugriff: 30.08.2024]
- 49 S. auch Fa. MTW, <https://de.mtw-endoskopie.com/wp-content/uploads/e-paper/2142-Stents-11-2020-DE/#0> [Zugriff: 30.08.2024]
- 50 Auch Electrospinning oder kurz E-Spinning genannt
- 51 SCHNEIDERS 2024, S. 18
- 52 S. auch SCHNEIDERS 2023
- 53 S. auch PATAKI-HUNDT 2009
- 54 S. auch HACKNEY ET AL. 1981, 1993, 1994, 1996 oder RIZZO/BURNSTOCK 2003
- 55 OS. auch GIORGI ET AL. 2002, ORIOLA ET AL. 2018 oder ORIOLA-FOLCH ET AL. 2020
- 56 Beim Elektrosponnen gelöster Polymere verdampft das Lösungsmittel aus den Nanofasern je nach zu wählenden Parametern bereits nahezu vollständig vor Faserablage zum Vlies, sodass trockene Vliese resultieren oder im Falle eines direkten Bespinnens leitfähiger Untergründe keine Lösungsmittel in diese wandern.
- 57 Eine lohnende Informationsplattform im Kontext Medizintechnik ist die jährlich stattfindende Messe MEDICA/COMPAMED in Düsseldorf, wo zahlreiche internationale Anbieter ihre Produkte vorstellen und oftmals bereitwillig Proben- und Mustermaterial zur Verfügung stellen.
- 58 Eine vergleichsweise einfache Überprüfung hinsichtlich möglicherweise emittierender Schadstoffe kann bspw. mit dem Oddy-Test durchgeführt werden (Vgl. auch WANG ET AL. 2011, KORENBERG ET AL. 2017 oder STEPHENS/BUSCARINO/BREITUNG 2018). Bspw. werden Abstandsgewirke vielfach auch in Autositzen verbaut; diese kommerziellen Produkte unterliegen keinen so strengen Schadstoff-Maßgaben wie Medizinprodukte, sodass bspw. unerwünschte Ausgasungen nicht ohne Überprüfung ausgeschlossen werden können.
- 59 Abseits der Medizintechnik bietet zum Beispiel auch die Website <https://www.raumprobe.com/de> eine Rechercheplattform für Textilien und weitere Materialien verschiedenster Art [Zugriff: 21.08.2024].
- 60 Nur 2 g solcher am Institut für Textiltechnik (ITA), RWTH Aachen, hergestellten Fasern weisen bspw. eine Porenoberfläche von 400 m² auf und können bis zu 1200 % ihres Ursprungsgewichts an Wasser aufnehmen. Mehr dazu unter <https://biotextfuture.info/projects/lightlining/> [Zugriff: 27.08.2024]



## Literatur

### ALBRECHT 2013:

Benjamin Albrecht, Der Blick ins Freie – Konservierung und Restaurierung von fünf Gemälden des Bernhard Gottfried Manskirch am LVR-LandesMuseum Bonn. MA-Thesis CICS, TH Köln, Köln 2013 (unveröffentlicht)

### BARRAS/MYERS 2000:

Christen David J. Barras und Kenneth A. Myers, Nitinol – Its Use in Vascular Surgery and Other Applications. In: *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, Bd. 19, 2000, S. 564–569. <https://doi.org/10.1053/ejvs.2000.1111> [Zugriff: 30.08.2024]

### BECKER 2002:

Laurence Becker, Möglichkeiten und Grenzen der Einzelfadenverklebung in der Textilkonservierung. Diplomarbeit CICS, FH Köln, Köln 2002 (unveröffentlicht)

### BELTINGER 1992:

Karoline Beltinger, Die Vernähung eines Risses in einem Leinwandgemälde. In: *ZKK – Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, Heft 2, 6/1992, S. 353–359

**BOBETH ET AL. 1993:** Wolfgang Bobeth (Hrsg.), Werner Berger, Heidmarie Faulstich, Peter Fischer, Adolf Heger, Hans-Jörg Jacobasch, Annerose Mally und Ingeborg Mikut, *Textile Faserstoffe. Beschaffenheit und Eigenschaften*. Berlin, Heidelberg 1993

### BODE ET AL. 2007:

Anka Bode, Peter Hardt, Michael Pöhlig, Wilhelm Rauch, Volker Schröder, Michael W. Tausch, Wolfgang Tiedemann, Michael Uppenkamp und Annette Vielfort, *Informationsserie Textilchemie*. Frankfurt am Main 2007. <https://www.vci.de/vci/downloads-vci/textilchemie-texttheft.pdf> [Zugriff: 22.01.2025]

### BENSON/LENNARD/SMITH 2014:

Sarah J. Benson, F. Lennard und Margaret J. Smith, „Like-With-Like“. A Comparison of Natural and Synthetic Stitching Threads Used in Textile Conservation. In: Janet Bridgeland (Hrsg.), *Preprints ICOM Committee for Conservation 17<sup>th</sup> Triennial Meeting*, Melbourne 17.–19. September 2014. Paris 2014, S. 1–9

### BOISSONNAS 1961:

Alain Boissonnas, Relining with Glass-Fibre Fabric. In: *Studies in Conservation*, Bd. 26, 1961, S. 26–30. <https://doi.org/10.2307/1505107> [Zugriff: 22.01.2025]

### BYRNE/ALY 2019:

Miriam Byrne und Al Aly, The Surgical Suture. In: *Aesthetic Surgery Journal*, Bd. 39(S2), 2019, S. 67–72

### CAGNAZZO 2018 ET AL.:

F. Cagnazzo, M. Cappucci, P. H. Lefevre, C. Dargazanli, G. Gascou, R. Morganti, V. Mazzotti, D. di Carlo, P. Perrini, D. Mantilla, C. Riquelme, A. Bonafe und V. Costalat, Treatment of Intracranial Aneurysms with Self-Expandable Braided Stents. A Systematic Review and Meta-Analysis. In: *American Journal of Neuroradiology*, Bd. 39 (11), 2018, S. 2064–2069. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5804> [Zugriff: 30.08.2024]

### DANZER 2021:

Susanne Danzer, *Chronische Wunden. Beurteilung und Behandlung*. 5. Auflage. Stuttgart 2021

### DIN EN 14079:

Nichtaktive Medizinprodukte. Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für Verbandmull aus Baumwolle und Verbandmull aus Baumwolle und Viskose. August 2003

### DIN EN ISO 23606:

Textilien – Maschenstoffe – Darstellungsformen und Patronierung. August 2009

### DURHAM 1995:

Andrew Durham, Lining and Backing. The Support of Paintings, Paper and Textiles. Papers delivered at the UKIC Conference, 7.–8. November 1995. London 1995

### EIPPER 2015:

Paul-Bernhard Eipper, Rückseitenschutz für Gemälde. In: Gabriela Krist (Hrsg.), *Collection Care. Sammlungspflege*. Wien 2015, S. 277–289

### EMONTS ET AL. 2022:

Caroline Emonts, David Wienen, Benedict Bauer, Akram Idrissi und Thomas Gries, 3D-Braided Poly-ε-Caprolactone-Based Scaffolds for Ligament Tissue Engineering. In: *Journal of Functional Biomaterials*, 13, 2022, S.230. <https://doi.org/10.3390/jfb13040230> [Zugriff: 30.08.2024]

### ENGELS 1994:

Harald Engels, *Handbuch der Schmaltextile. Die Flechttechnologie. Teil 1 – Maschinen und Verfahren zur Erzeugung konventioneller Geflechte*. Mönchengladbach 1994

### FLOCK 2020:

Hannah Flock, Einzelfadenverklebung in der Gemälderestaurierung. Klebstoffe, Prüfsystematik und Ergebnisse. Dissertation Universität des Saarlandes. Saarbrücken 2020. <https://doi.org/10.22028/D291-34685> [Zugriff: 30.08.2024]

### FLOCK ET AL. 2022:

Hannah Flock, Petra Demuth, Stefan Diebels und Elisabeth Jägers, Will it hold? About the Single Thread Bonding Technique. In: *Fondazione Centro per la Conservazione e il Restauro dei Beni Culturali La Venaria Reale* (Hrsg.), *Structural Treatments On Double-Sided Paintings. Case-studies and professional experiences on double-sided paintings* (18. November 2020) and *Expertmeeting* (23. – 25. November 2020) *Proceedings. Special issue n. 01*, S. 168–199 <https://www.sfogliami.it/fl/248302/y67b8su99jdfyxqv1cgf3jqt79vvect> [Zugriff: 26.08.2024]

### FRANKENSTEIN 1998:

Manuela Frankenstein, Rückseitenschutz für Tafelgemälde. Diplomarbeit CICS, FH Köln. Köln 1998 (unveröffentlicht)

**FRANZEN 1965:** Otto Franzen, *Drehergewebe*. In: Paul-August Koch und Günther Satlow (Hrsg.), *Großes Textillexikon. Fachlexikon für das gesamte Textilwesen*. Stuttgart 1965, S. 293 ff.

**GIORGI ET AL. 2002:** Rodorico Giorgi, Luigi Dei, Massimo Ceccato, Claudius Schettino und Piero Baglioni, Nanotechnologies for Conservation of Cultural Heritage. Paper and Canvas Deacidification. In: *Langmuir (ACS) American Chemical Society*, Bd. 18, 2002, S. 8198–8203. <https://doi.org/10.1021/la025964d> [Zugriff: 30.08.2024]

### GLANZER/BRACHT/WIJNBERG 2006:

Irene Glanzer, Elisabeth Bracht und Louise Wijnberg, Cathedra, Barnett Newman. In: *ZKK Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, Heft 1, 20/2006, S. 63–86

### GRIES/VEIT/WULFHORST 2015:

Thomas Gries, Dieter Veit und Burkhard Wulforth, *Textile Fertigungsverfahren. Eine Einführung, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage*. München 2015

### GUTMANN 2004:

Dörthe Gutmann, Rückseitenschutz für Leinwandgemälde. Untersuchung und Bewertung verschiedener Materialien. Diplomarbeit CICS, FH Köln. Köln 2004 (unveröffentlicht)

### HACKNEY/HEDLEY 1981:

Stephen Hackney und Gerry Hedley, Measurements of the ageing of linen canvases. In: *Studies in Conservation*, Bd. 26, 1981, S. 1–14

**HACKNEY/HEDLEY 1993:** Stephen Hackney und Gerry Hedley, The deterioration of linen canvases. Accelerated ageing tests to investigate the modes of deterioration and to assess retarding treatments. In: Caroline Villers (Hrsg.), *Measured Opinions. Collected papers on the conservation of paintings*. London 1993, S. 66–69

### HACKNEY/ERNST 1994:

Stephen Hackney und Torben Ernst, The Applicability of Alkaline Reserves to Paintings on Canvas. In: *Preventive Conservation Practice, Theory and Research*, IIC Congress, Ottawa 1994, S. 223–227

**HACKNEY/TOWNSEND/WYPLOSZ 1996:**

Stephen Hackney, Joyce Townsend und Nicolas Wyplosz, Studies on the Deacidification of Canvas Supports with Magnesium Methyl Methoxycarbonate (MMC). In: ICOM Committee for Conservation (Hrsg.), Preprints of ICOM Edinburgh Conference 1996. London 1996, S. 271–275

**HACKNEY 2020:**

Stephen Hackney, On Canvas. Preserving the Structure of Paintings. Los Angeles 2020

**HEDINGER 1999:**

Daniela Hedinger, Rissverwundung am Gemälde. Weiße Reihe ABK Stuttgart, Bd. 15. München 1999

**HEIBER 1987:**

Winfried Heiber, Die Geweberasterhaftung. In: ZKK Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 1, 2/1987, S. 72–76

**HELMEDAG ET AL. 2022:**

Marius J. Helmedag, Daniel Heise, Roman M. Eickhoff, Sophia M. Schmitz, Mare Mechelinck, Caroline Emonts, Tim Bolle, Thomas Gries, Ulf P. Neumann, Christian D. Klink und Andreas Lambert, Ultra-Fine Polyethylene Hernia Meshes Improve Biocompatibility and Reduce Intraperitoneal Adhesions in IPOM Position in Animal Models. In: Biomedicine, Bd. 10, 2022, S. 1–15. <https://doi.org/10.3390/biomedicine10061294> [Zugriff: 30.08.2024]

**JEDRZEJEWSKA 1981:**

Hanna Jedrzejewska, Problems in the Conservation of Textiles. Needle versus Adhesive. In: Johan Rudolph Justus van Asperen de Boer (Hrsg.), Preprints ICOM Committee for Conservation 6th Triennial Meeting, Ottawa 21.–25. September 1981, Paris 1981, 81/9/1–10

**KORENBERG ET AL. 2017:**

Capucine Korenberg, Melanie Keable, Julianne Phppard und Adrian Doyle, Refinements Introduced in the Oddy Test Methodology. In: Studies in Conservation, Bd. 63(1), 2017 S. 2–12. <https://doi.org/10.1080/00393630.2017.1362177> [Zugriff: 30.08.2024]

**KREZ 2015:** Anna Krez, Kinesio Tape. Conservation Science Meets Sports Medicine. In: Angelina Barros et al. (Hrsg.), Current Technical Challenges in the Conservation of Paintings. London 2015, S. 69–82.

**LANGER/VACANTI 1993:**

Robert Langer und Joseph Vacanti, Tissue Engineering. In: Science, Bd. 260(5110), 1993, S. 920–926. <https://doi.org/10.1126/science.8493529> [Zugriff: 22.01.2025]

**LANZ 1996:**

Diane Lanz, Vergleichende Untersuchungen nähtechnischer und klebetechnischer Methoden als Sicherungsmöglichkeiten für bemalte Textilien. Diplomarbeit CICS, FH Köln. Köln 1996 (unveröffentlicht)

**LENNARD/CONSTANTINI/HARRISON 2022:**

Frances Lennard, Rosa Constantini und Philip Harrison, Investigating Stitched Support Techniques for Tapestry Using Digital Image Correlation. In: Studies in Conservation, Bd. 68, Nr. 5, 2023, S. 558–574 <https://doi.org/10.1080/00393630.2022.2083414> [Zugriff: 26.08.2024]

**LENNARD/EWER/MINA 2024:**

Frances Lennard, Patricia Ewer und Laura Mina, Textile Conservation. Advances in Practice. 2. Auflage. London 2024. <https://doi.org/10.4324/9781003358787> [Zugriff: 26.08.2024]

**MCFADDEN 2022:**

Michael S. McFadden, Suture Materials. In: R. Avery Bennett, Geoff W. Pye (Hrsg.), Surgery of Exotic Animals. Hoboken 2022, S. 11–22

**NGUYEN ET AL. 2022:**

Duc M. Nguyen, Christopher D. Murawski, Freddie H. Fu und Robert A. Kaufmann, Stress Shielding of Ligaments Using Nonabsorbable Suture Augmentation May Influence the Biology of Ligament Healing. In: The Journal of Hand Surgery, Nr. 47 (3), S. 275–278. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2021.09.014> [Zugriff: 30.08.2024]

**ORIOLA ET AL. 2018:**

M. Oriola, Anna Nualart-Torreja, Cristina Ruiz-Recasens und Gema Campo-Francés, Canvas consolidation survey and treatment requirements for the NANORESTART project. In: María Jesús Mosquera, M. L. Almoraima Gil (Hrsg.), Conserving Cultural Heritage: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Congress on Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage (Technoheritage 2017), Cádiz, 21.–24. May 2017. Leiden 2017, S. 37–39

**ORIOLA-FOLCH ET AL. 2020:**

Marta Oriola-Folch, Gema Campo-Francés, Anna Nualart-Torreja, Cristina Ruiz-Recasens und Iris Bautista-Morenilla, Novel nanomaterials to stabilise the canvas support of paintings assessed from a conservator's point of view. In: Heritage Science, Bd. 8 (23), 2020, S. 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00367-2> [Zugriff: 30.08.2024]

**PATAKI-HUNDT 2009:**

Andrea Pataki-Hundt, Remoistenable Tissue Preparation and its Practical Aspects. In: Restaurator – International Journal for the Preservation of Library and Archival Material, Nr. 30, 2009, S. 51–69. <https://doi.org/10.1515/rest.004> [Zugriff: 30.08.2024]

**POW 1970:**

Constance V. Pow, The Conservation of Tapestries for Museum Display. In: Studies in Conservation, Bd. 15, 1970, S. 134–153

**PRINS 2017:**

Steven Prins, Finding Closure with 3M Command Adhesive Strips. In: WAAC Western Association for Art Conservation Newsletter, Bd. 39, Nr. 3, 2007, S. 13–17

**PROSCHEK 2017:**

Till Proschek, Neue Therapien bei herausfordernder Wundsituation. In: Pflegezeitschrift Springer Medizin Verlag, Heft 8, 70/2017, S. 34–37

**PROTZ 2016:**

Kerstin Protz, Moderne Wundversorgung. München 2016

**RAZ 1987:**

Samuel Raz, Warp Knitting Production. Heidelberg 1987

**REGNET 2022:**

Nadine Regnet, Pflorgetechniken Von Absaugen bis ZVK. 4. Auflage. München 2022

**REMBE ET AL. 2018:**

Julian-Dario Rembe, Carolin Fromm-Dornieden, Julia Böhm und Ewa K. Stürmer, Der Einfluss von humanem Wundexsudat auf die anti-bakterielle Wirksamkeit verschiedener antiseptischer Polyurethan-Schaumstoffauflagen. In: Wundmanagement, Heft 5, 12/2018, S. 268–274

**RIZZO/BURNSTOCK 2003:**

Adriana Rizzo und Aviva Burnstock, A Review of the Effectiveness of the Deacidification of Linen, Cotton and Flax Canvas after Seventeen Years of Natural Ageing. In: Mary Bustin, Tom Caley (Hrsg.), Alternatives to lining. The structural treatment of paintings on canvas without lining, 19. September 2003, Conference Preprints. London 2003, S. 49–54

**SCHÄFER 2005:**

Sandra Schäfer, E. W. Nay – Blauflut. Das Phänomen der Schichtentrennung in matten Malschichtbereichen. Untersuchungen zu Maltechnik und Schadensursache, Konzepterstellung zur Malschichtkonsolidierung. Diplomarbeit CICS, FH Köln. Köln 2005 (unveröffentlicht)

**SCHÄFER 2010:**

Linda Schäfer, „Flicken“ für die Rissbehandlung am textilen Bildträger. Vergleichende Untersuchungen zu Materialien und Applikationstechniken. Diplomarbeit FH Köln. Köln 2010 (unveröffentlicht)

**SCHÄFER ET AL. 2020:**

Benedikt Schäfer, Caroline Emonts, Nikola Glimpel, Tim Ruhl, Astrid S. Obrecht, Stefan Jockenhoevel, Thomas Gries, Justus P. Beier und Andreas Blaesser, Warp-Knitted Spacer Fabrics. A Versatile Platform to Generate Fiber-Reinforced Hydrogels for 3D Tissue Engineering. In: Materials 2020 13(16), 3518. <https://doi.org/10.3390/ma13163518> [Zugriff: 30.08.2024]

#### SCHNEIDERS 2023:

Thomas Axel Schneiders, Evaluation and Method Development to Improve the Adhesion of Electrospun Fibres on Metals for Use in Medical Applications. Dissertation ITA, RWTH Aachen. Aachen 2023. <https://doi.org/10.18154/RWTH-2023-10251> [Zugriff: 30.08.2024]

#### SCHNEIDERS 2024:

Thomas Axel Schneiders, Einsatzgebiete für Nanofasern. In: Melliand-Textilberichte, Bd. 105, Heft 2, 02/2024, S. 18–19

#### SCHÖN 2017:

Marie Schön, The Mechanical and Supporting Effect of Stitches in Textile Conservation. Dissertation Universität Göteborg. Göteborg 2017

#### SCHWÄGERL 2015:

Ilona Schwägerl, „Verklebt und zugenäht“ – Die Flügel der Teinacher Lehrtafel und Möglichkeiten zur Risschließung an beidseitig bemalten Leinwandgemälden. Masterthesis ABK Stuttgart. Stuttgart 2015 (unveröffentlicht)

#### SERAG-WIESSNER 2015:

SERAG-WIESSNER GmbH & Co. KG, Systeme für die Urogynäkologie. Art.-Nr. 801111. Naila 2015. [https://www.serag-wiessner.de/fileadmin/redakteur/PDF/textile\\_implantate/801111-2015\\_09-de\\_Urogynoeologie.pdf](https://www.serag-wiessner.de/fileadmin/redakteur/PDF/textile_implantate/801111-2015_09-de_Urogynoeologie.pdf) [Zugriff: 30.08.2024]

#### SERAG-WIESSNER 2017:

SERAG-WIESSNER GmbH & Co. KG, Nahtmaterial-Fibel. Materialkunde, Naht- und Knüpftechnik. Art.-Nr. 851001. Naila 2017. [https://www.serag-wiessner.de/fileadmin/redakteur/PDF/nahtmaterial/allgemein/851001-2017\\_06-de\\_Nahtfibel-Prospekt.pdf](https://www.serag-wiessner.de/fileadmin/redakteur/PDF/nahtmaterial/allgemein/851001-2017_06-de_Nahtfibel-Prospekt.pdf) [Zugriff: 30.08.2024]

#### SPIEGEL ET AL. 2019:

Elise Spiegel, Katharina Deering, Christiane Quaiser, Susann Böhm, Dennis Nowak, Stefan Rakete und Stephan Böse-O'Reilly, Handreichung zum Umgang mit kontaminiertem Sammlungsgut. München 2019

#### STEPHENS/BUSCARINO/BREITUNG 2018:

Catherine H. Stephens, Isabella Buscarino und Eric Breitung, Updating the Oddy Test. Comparison with Volatiles Identified Using Chromatographic Techniques. In: Studies in Conservation 2018, Bd. 63, Nr. 51, S. 5425–5427. <https://doi.org/10.1080/00393630.2018.1471887> [Zugriff: 30.08.2024]

#### TARLETON/HAMLIN 2023:

Kathryn S. Tarleton und Charlotte Hamlin, Conserving the History and Fabric of the New Bedford Whaling Museum's Grand Panorama of a Whaling Voyage 'Round the World. In: Cynthia Schwarz, Ian McClure, Jim Coddington (Hrsg.), Conserving Canvas, Los Angeles 2023. <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/iv-case-studies/23/> [Zugriff: 26.08.2024]

#### TROSBACH 2002:

Gisela Trosbach, Physikalische Untersuchungen an historischen Tapiserien. Verformungsverhalten und Schräghängung. Diplomarbeit TU München. München 2002

#### VASEL-BIERGANS 2013:

Anette Vasel-Biergans, Wundaufgaben. Bd. 1. Stuttgart 2013

#### VASEL-BIERGANS/PROBST 2011:

Anette Vasel-Biergans, Wiltrud Probst, Wundversorgung für die Pflege. Ein Praxisbuch. 2. überarbeitete Auflage. Stuttgart 2011

#### VEIT 2023:

Dieter Veit, Fasern. Geschichte – Erzeugung – Eigenschaften – Markt. Berlin 2023

#### VITI/HAUDEK 1981:

Erna Viti und Heinz Werner Haudek, Textile Fasern und Flächen. Textile Materialkunde. Band I. Wien 1981

#### WANG ET AL. 2011:

Sheng Wang, Lingdong Kong, Zhisheng An, Jianmin Chen, Laimin Wu, Xinguang Zhou, An Improved Oddy Test Using Metal Films. In: Studies in Conservation, Bd. 56(2), 2011, S. 138–153. <https://doi.org/10.1179/sic.2011.56.2.138> [Zugriff: 30.08.2024]

#### WANG ET AL. 2021:

Hongshi Wang, Bernd Klosterhalfen, Andreas Müllen, Thomas Otto, Axel Dievernich, Stefan Jockenhövel, Degradation resistance of PVDF mesh in vivo in comparison to PP mesh. In: Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, Bd. 119, 2021, S. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104490> [Zugriff: 30.08.2024]

#### WEBER/WEBER 2014:

Marcus Oliver Weber und Klaus-Peter Weber, Wirkerei und Strickerei. Technologien – Bindungen – Produktionsbeispiele. Frankfurt am Main 2014

#### YOUNG 2003:

Christina Young, The mechanical requirements of tear mends. In: Mary Bustin, Tom Caley (Hrsg.), Alternatives to Lining. London 2003, S. 55–58

### Abbildungsnachweis

#### Abb. 1:

Hannah Flock, ITA RWTH Aachen (links); Heike Fischer, TH Köln (rechts)

#### Abb. 2:

Leonie Hoffmann, ITA RWTH Aachen; nach Vorlage Fa. B. Braun Vet Care GmbH, Tuttlingen

#### Abb. 3:

Petra Demuth, CICS TH Köln

#### Abb. 4:

Benjamin Albrecht, Atelier B. Albrecht Bonn

#### Abb. 5:

Juliane Lückel, selbstständige Restauratorin Köln

#### Abb. 6:

Leonie Hoffmann, ITA RWTH Aachen

#### Abb. 7–12:

Hannah Flock, ITA RWTH Aachen

#### Abb. 13, 14:

Hannah Flock (links) und Robin Schlömann (rechts), ITA RWTH Aachen

#### Abb. 15:

Maximilian Mohr, ITA RWTH Aachen

#### Titel:

Detail aus Abb. 15

### Lizenz

Dieser Beitrag ist unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY-NC-ND 4.0 veröffentlicht.

