

## Steuerung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Textilbeschichtungen durch Einarbeitung von Cellulosepartikeln (18168 BG)

**Autoren** Dr. Frank Gähr, ITCF Denkendorf  
Dipl.-Ing. (FH) Susanne Segel, ITCF Denkendorf  
Dr. Frank Hermanutz, ITCF Denkendorf  
Prof. Dr. Michael R. Buchmeiser  
Dr. Bernd Morgenstern, Forschungsinstitut für Leder und  
Kunststoffbahnen (FILK), Meißner Ring 1, 09599 Freiberg

**Erschienen** 30.01.2017  
**Bearbeitungszeitraum** 01.04.2014 bis 31.07.2016.

### Kurzzusammenfassung

Von höherwertigen Textilien oder Leder und Kunstlederprodukten wird erwartet, dass im Gebrauch eine ausreichende Durchlässigkeit für Wasserdampf gegeben ist. Aus diesem Grund müssen solche Materialien einschließlich beschichteter Textilien eine Zusammensetzung aufweisen, die eine Diffusion von Wassermolekülen erlaubt. Das ist von am Markt etablierten Funktionstextilien her bekannt. Die zugrundeliegenden Mechanismen des Transportes von Wassermolekülen können sich je nach Substrat deutlich unterscheiden. Oft handelt es sich um eine Überlagerung verschiedener Transportmechanismen. Um ein hohes Feuchtetransportvermögen eines Substrats zu erzielen, müssen die Mechanismen beachtet werden, mit denen diese Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf oder flüssigem Schweiß aufnimmt und weiterleitet:

- Wasserdampfdiffusion durch die Poren des Materials (Textil, Kunstleder, Membran)
- Adsorption und Desorption
- Kapillartransport von flüssigem Wasser
- Adsorption und Migration an der Substratoberfläche
- Konvektion und Ventilation

Eine interessante und einfache Möglichkeit, die Wasserdampfdurchlässigkeit zu steuern, ist es, hydrophile Partikel in handelsübliche, synthetische Polymerbeschichtungen zu inkorporieren. Es

handelt sich bei diesem Prinzip sehr wahrscheinlich um eine Kombination oder teilweise Überlagerung der drei erstgenannten Mechanismen. Handelsübliche Beschichtungen basieren hauptsächlich auf Polyvinylchlorid (PVC), Polyurethanen (PUR), Silikonen und Polyacrylaten, die gewöhnlich eine geschlossene (Barriere-)Schicht mit eher hydrophoben Eigenschaften bilden. Um Hydrophilieeffekte und eine erhöhte Wasserdampfdurchlässigkeit von Beschichtungen auf Basis von Polyurethanen oder PVC zu erreichen, sind mehrere Striche auf den entsprechenden Grundsubstraten nötig, wobei das hydrophile Polymer (z.B. hydrophiles PUR) mit einem üblichen PUR kombiniert werden kann. Zwischen den einzelnen Aufträgen wird in der Regel getrocknet, d. h. es handelt sich um einen zeit- und energieintensiven Prozess. Hinzu kommt, dass bei diesem Verfahren eine Barrierschicht aufgebracht wird, die in ihrer WDD begrenzt ist und in ihrer Wirkung nicht an die heute verwendeten hocheffizienten, aber teuren Membransysteme oder Liner heranreichen.

Es darf angenommen werden, dass die Wasserdampfdurchlässigkeit maßgeblich gesteuert werden kann über die Zusammensetzung des Beschichtungstoffes, insbesondere das Basispolymer, über die hydrophilen Additive und über die erzeugte Struktur der Beschichtung (Poren- bzw. Kapillarstruktur). Bekannt sind solcherlei Zumischungen v. a. aus der Kunstlederindustrie und aus dem Bereich der Schaumstoffe. Bekannt sind auch aufgelockerte Schaumstoffe, die hydrophile Zusatzstoffe wie Aerosil, Kieselgur, Bentonit oder gemahlene Zellstoff enthalten. Die Zusatzstoffe sollen hierbei eine kapillaraktive Wirkung entfalten, die zu saugfähigen Produkten führt. Durch Zusatz von speziellen Cellulosepartikeln zu Polyurethanschäumen wird ein nachhaltiger Einfluss auf das Feuchtmanagement eines entsprechend modifizierten PUR-Schaumstoffartikels (z. B. Matratze) ausgeübt. Dabei ist es unter dem Aspekt des Feuchtmanagements angeblich von elementarer Bedeutung, ob die Cellulosepartikel eine Cellulose-II-Struktur aufweisen oder die native Cellulose-I-Struktur.

Bei Fibriden handelt es sich nach allgemeiner Übereinkunft um flexible, synthetische Polymerpartikel, die blattbildende Eigenschaften aufweisen und die gleichsam eine Zwitterform zwischen Faser und Film einnehmen. Sie ähneln in ihrer Größe und Gestalt zwar gemahlendem Zellstoff, doch haben Fibride keine fibrilläre Morphologie. Im weiteren Sinne gehören auch solche (nicht-vollsynthetischen) Gebilde zu Fibriden, die originär durch einen Chemiefaserherstellungsprozess gewonnen werden (z.B. Viskose-Fibride). Aufgrund der großen spezifischen Oberfläche lassen sie sich besonders gut in Wasser suspendieren und besitzen eine hohe Absorptionsfähigkeit für Wasser. Ihren Einsatz finden Fibride (v. a. aus Vinyl- und Acrylpolymerisaten) als Zusatzstoff in der Papier- und Vliesstoffindustrie zur Verbesserung der Nassfestigkeiten und des Sorptionsverhaltens.

Im Rahmen des AiF-Vorhabens Nr. 18168 BG war es von besonderem Interesse, Cellulosefibride über einen Nassspinnprozess herzustellen. Gerade im Bereich der Lyocell-Technologie und der Polyacrylfaserspinnerei entstehen Möglichkeiten in Bezug auf die Fibridherstellung. Zur Herstellung von Cellulose-Fibriden mit Cellulose-II-Struktur können die bekannten Direktlöseverfahren von Cellulose wie das NMMO-Verfahren oder das am ITCF

entwickelte Direktlöseverfahren aus ionischer Flüssigkeit herangezogen werden. Anlass für die Auswahl der Cellulosefibride als hydrophile Additive für wasserdampfdurchlässige Beschichtungen ist ihre Fähigkeit, eine relativ große Menge Wasser zu absorbieren und weiterzuleiten.

Die Ergebnisse der am Vorhaben beteiligten Forschungsinstitute, ITCF Denkendorf und FILK Freiberg, können wie folgt zusammengefasst werden:

- Von den im Projektbegleitenden Ausschuss vertretenen Zellstoff herstellenden und verarbeitenden Betrieben wurden aktuelle Versuchsmuster für das Projekt bereitgestellt. Es handelte sich sowohl um faser- als auch partikelförmige Cellulosen mit Cellulose I- und Cellulose-II-Struktur. Weiterhin standen für die Versuche Fibridsuspensionen auf Basis der TENCEL®-Technologie zur Verfügung. Die Partikel wurden mikroskopisch, mittels XRD und anhand ihres Wassersorptionsverhaltens charakterisiert.
- Cellulosefibride ließen sich weiterhin mit Hilfe der IL-Technologie herstellen. Hierbei wurde Zellstoff (Sappi Saicor) nach dem Direktlöseverfahren in Ethylmethylimidazolium-acetat sowie in Ethylmethylimidazolium-octanoat gelöst. Über das Nassspinn- bzw. Air-Gap-Spinnverfahren konnten Cellulosefasern mit gutem Eigenschaftsprofil hergestellt werden. In einem never-dried-Zustand wurden diese Fasern geschnitten und unter Anwendung verschiedener Mahlverfahren zerkleinert. Je nach Intensität der Mahlung wurden unterschiedliche Fibridgrößen und Morphologien erzeugt.
- Die aus dem niemals getrockneten Zustand hergestellten Fibride zeichneten sich aus durch ihre außergewöhnlichen Sorptionseigenschaften gegenüber Wasser und Wasserdampf. Das Wasserrückhaltevermögen ist extrem hoch, die Wasserdampfsorption ist der später in den hiermit additivierten Beschichtungen auf PUR-Basis förderlich.
- Sämtliche Cellulosepartikel ließen sich weitgehend problemlos in PUR-Beschichtungspasten einarbeiten. Ein gewisser Nachteil ist, dass im Falle der Fibrid-Suspensionen relativ viel Wasser zusätzlich „eingeschleppt“ wird, was größere Anforderungen an die Rezepturgestaltung nach sich zieht.
- Die Rheologie der Beschichtungspasten wird durch die Cellulosepartikel-zumischung.in der Regel dahingehend verändert, dass die Viskosität, bei gleicher PUR-Menge, durch die Cellulosezumischung zunimmt. Die Einstellung strukturviskoser Pasten ist durch entsprechende Rezepturgestaltung (Konzentration von Filmbildner und Verdicker) jedoch problemlos möglich.
- Die Cellulosepartikel ließen sich gut in die PUR-Dispersionen einmischen, d.h. sie waren gut und stabil dispergierbar Die „richtige“ Kombination aus Partikelgröße und Partikelgrößenverteilung spielt in Bezug auf eine homogene Dispergierung eine Rolle.
- Die Zumischung von Cellulosepartikeln – ob Zellstoff wie UFC 100 oder Fibride - bewirkt eine höhere Viskosität und damit, bei gleichem Polymergehalt, eine größere Schichtdicke. Dies

bedeutet, dass Einsparung eine Einsparung an PUR (petrochemische Basis) durch den nachwachsenden Rohstoff Cellulose, bei zumindest adäquat guten Eigenschaften der Beschichtung, möglich ist.

- Die Herstellung von Textilbeschichtungen mit den modifizierten PUR- Beschichtungssystemen ist auf gängigen Beschichtungsanlagen ohne weitere Maßnahmen umsetzbar.
- Es entstehen kompakte Schichten mit veränderter Haptik, die eher als vorteilhaft einzustufen ist (geringere Klebrigkeit)
- Der Wasserdampftransfer kann durch Zumischung von Cellulosepartikeln deutlich gesteigert werden und ist abhängig vom Verhältnis Polymer- zu Partikelkonzentration sowie der Schichtdicke. Der Einfluss ist für Fibride (never-dried) bezogen auf gleichen Feststoffgehalt größer als für Cellulosepulver.
- Fibridsuspensionen hoher Konzentrationen sind vorteilhaft, um einen hohen Cellulosegehalt zu erreichen.
- Es erfolgt ein Rückgang der Wasserdichtheit bei Eintrag größerer Partikelmengen. Trotzdem wurde für solche additvierten Beschichtungssysteme ein vergleichsweise hohes Niveau erreicht (knapp 10 m Wassersäule).
- Die Schichten bieten eine Barriere gegen Luft.
- Die Wassersorption steigt durch Einarbeitung hydrophiler Partikel.
- Die neuen Beschichtungen wiesen –auch im wassergequollenen Zustand – eine überraschend gute Haftung und Scheuerbeständigkeit auf. Auch im Bally-Flexometertest zeigten die cellulosehaltigen PUR.Beschichtungen eine hervorragende Performance.
- Die modifizierten Beschichtungen erwiesen sich gegenüber Waschprozessen als äußerst stabil.

Ziel der am FILK durchgeführten Untersuchungen war die Entwicklung von Beschichtungen mit moderater Wasserdampfdurchlässigkeit (WDD) für PUR- und PVC-basierte Kunstleder sowie für eine PVC-Membran. Dafür wurden wässrige Polyurethandispersionen (PUD) und Plastisole mit partikel- und faserförmigen sowie fibridentartigen Cellulosematerialien modifiziert, charakterisiert und zu Beschichtungen verarbeitet. Die erhaltenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In verschiedene Polyurethandispersionen konnten bis zu 15 % partikuläre Cellulose (CP) weitgehend homogen eingearbeitet werden, aber nur maximal 5 % faserförmige Cellulose (CF). Bei höherem Cellulosegehalt steigt die Viskosität so sehr, dass die modifizierten Dispersionen nicht mehr durch Streichbeschichtung verarbeitet werden können oder fehlerhafte Beschichtungen gebildet werden.
- Bei der Modifizierung von wässrigen PUD mit Fibridsuspensionen wird sehr viel zusätzliches Wasser in das Beschichtungssystem eingetragen. Dadurch werden der PUR-Gehalt und die Viskosität stark verringert und es muss ein geeigneter Verdicker zugemischt werden.

- Die modifizierten Dispersionen wurden über Transferbeschichtung zu PUR-Kunstleder und Membranen (ohne textilen Träger) verarbeitet. Mittels faserförmiger Cellulosepartikeln kann die Wasserdampfdurchlässigkeit um bis zu 50 % gesteigert werden, wobei die Wasserdichtheit auf ausreichend hohem Niveau vermindert ist. Beim PUR-Kunstleder wurde eine geringere Erhöhung der WDD durch die CF erreicht (etwa um 20 %).
- Partikelförmige Cellulosepartikel bewirkten keine signifikante Steigerung der WDD, da sich auch bei einem CP-Gehalt von über 10 % keine ‚wasserdampftransportierenden Pfade‘ in der Beschichtung bzw. Membran ausbildeten. Ein hoher Cellulosegehalt führte vielmehr zu deutlich verminderter mechanischer Festigkeit und Reißdehnung.
- Durch Direktbeschichtung eines Gewebes mit einer wässrigen PUD, die mit 1 % fibrinartiger Cellulose modifiziert war, wurde ein Material mit doppelt so hoher WDD erhalten, das gleichzeitig eine hohe Wasserdichtheit besitzt (Vergleich: entsprechende Textilbeschichtung ohne Cellulosezusatz). Die Steigerung der WDD ist in diesem Fall auf die wesentlich geringere Dicke der Beschichtung zurückzuführen.
- Bei der Modifizierung von Plastisolen mit partikel- und faserförmigen Cellulosematerialien führen CP und CF zu gravierenden Unterschieden in den Pasteneigenschaften. CP können mindestens bis zu 15 % in PVC-Pasten homogen eingearbeitet werden. Oberhalb eines Gehaltes von 5 % bewirken sie einen erheblichen Anstieg der Pastenviskosität und ein ausgeprägtes strukturviskoses Fließen. CF führen bereits bei 1-2 % zu Strukturviskosität bei sehr stark erhöhter Pastenviskosität. In solchen Pasten liegen immer (Reste von) Faseraggregaten vor. Darüber hinaus werden die Rheologie und das Verarbeitungsverhalten der Pasten vom jeweiligen PVC-Typ bestimmt.
- Das Gelierverhalten von Plastisolen wird durch Cellulosepartikel nicht signifikant verändert.
- PVC-Pasten, die CF enthalten, lassen sich aufgrund der erhöhten Viskosität und der enthaltenen Faseraggregate nicht zu fehlerfreien Membranen oder Beschichtungen verarbeiten. Die durch Streichbeschichtung erhaltenen Membranen enthalten feine Löcher und sind deshalb nicht wasserdicht. Sie sind mechanisch instabil.
- Membranen und Beschichtungen, die aus PVC-Pasten mit CP hergestellt wurden, sind wasserdicht. Ihre mechanischen Eigenschaften sind im Vergleich zu cellulosefreien Materialien erniedrigt. Die WDD liegt auf einem sehr niedrigen Niveau (<200 g/m<sup>2</sup>d), sie hängt vor allem von der Schichtdicke der Membran ab. Die Cellulosepartikel liegen bis zu einer Konzentration von 13 % isoliert in der PVC-Matrix vor, so dass sich keine ‚wasserdampfleitenden Pfade‘ bilden können.

Damit sich in den Membranen bzw. Beschichtungen ‚wasserdampfleitende Pfade‘ bilden können, müsste der Gehalt an CP oder CF in den Beschichtungsstoffen (PUD, PVC-Pasten) deutlich erhöht werden. Das würde jedoch zu einer weiter erhöhten Viskosität führen, so dass die so modifizierten Beschichtungsstoffe nicht mehr durch Streichbeschichtung zu ausreichend

dünnen und defektfreien Schichten verarbeitet werden können. Aus diesem Grund konnte das Potential der Cellulosematerialien als hydrophiles Additiv für die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Anwendungen nicht ausgeschöpft werden.

## Danksagung

Gefördert durch:



Das IGF-Vorhaben 18168 BG der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 12-14, 10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

und AiF-Mitglied



Unser Dank gilt weiterhin den Firmen des Projektbegleitenden Ausschusses für die freundliche Unterstützung des Projekts.

Der Schlussbericht zum Vorhaben kann beim Institut für Textilchemie und Chemiefasern, Körschtalstraße 26, 73770 Denkendorf angefordert werden.