

## KURZVERÖFFENTLICHUNG

### Entwicklung von Beschichtungen, Folien und Membranen für textile Anwendungen unter Berücksichtigung der Kreislaufwirtschaft bzw. der biologischen Abbaubarkeit

Autoren:	Dr.-Ing. Jamal Sarsour Benjamin Ewert PD Dr.-Ing. Thomas Stegmaier Thomas Lehr Susanne Segel Dr. Frank Gähr
Forschungsstelle:	DITF – Institut für Textil- und Verfahrenstechnik DITF – Institut für Textilchemie und Chemiefasern
Erschienen:	31.01.2023
Bearbeitungszeitraum:	01.08.2019 – 31.07.2022

#### Zusammenfassung

Jedes Jahr landen zigtausende von Tonnen Alttextilien, die nicht wiederverwendet werden können oder keinen Absatzmarkt finden, in der Verbrennungsanlage oder auf den Mülldeponien. Gesellschaft und Gesetzgeber fordern rasche technologische Lösungen für das stoffliche Recycling dieser Abfälle, um Umwelt und Werkstoffressourcen zu schonen. Im Vorhaben wurde das Ziel verfolgt, herkömmliche Polymerbeschichtungen auf Basis Polyurethan mit Cellulosepartikeln zu entwickeln, um einerseits Ressourcen zu schonen und andererseits eine biologische Abbaubarkeit zu begünstigen. Um die mit Cellulose modifizierten Beschichtungen von Geweben und Folien unter Beibehaltung der großen Vorzüge der synthetisch hergestellten Materialien hinsichtlich ihres biologischen Abbauverhaltens durch natürliche Prozesse zu bewerten, wurden zahlreiche Formulierungen hergestellt. Die vielversprechendsten Systeme wurden im Labor mit einem Respirometer und im Praxisbetrieb eines Industrie-Kompostwerks getestet. Die Laborergebnisse zeigten einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem eingesetzten Masseanteil an inkorporierten Cellulose-Partikeln und der Menge des durch Mikroorganismen veratmeten Sauerstoffs im Respirometer. Im Praxisbetrieb zeigten konnten die Anforderungen an die

gezielte Desintegration der biologisch abbaubaren Textilverbunde genauer in einer Industriekompostanlage genauer ermittelt und spezifiziert werden.

Im Anschluss an die Auswertung wurde ein Konzept zur Desintegration der biologisch abbaubaren Werkstoffe entwickelt, welches auf Basis physikalischer, mechanischer Zerkleinerung sowie chemisch hydrolytischer und enzymatisch mikrobiologischer Degradation beruht. Die Ergebnisse indizieren, dass Arbocell UFC 100 zum schonenden Umgang mit Ressourcen für textile Verbundmaterialien beitragen kann sowie deren biologische Materialdesintegration beschleunigen kann.

## **Ergebnisse**

Die Analysen zur biologischen Abbaubarkeit erfolgten angelehnt an die relevanten Normen in Reaktionsgefäßen mit definierten Umweltparametern (insbesondere pH-Wert, Temperatur, Feuchtigkeit, kontrollierter Sauerstoffzufuhr) in aerober oder anaerober Mikrobiozönose sowie in Kompostierungsversuchen in einer gewerblichen Mietenkompostanlage, welche im Rahmen der Kreislaufwirtschaft Bioreststoffe aus kommunaler Sammlung, Grünschnitt, Gartenabfälle, Rinde und organische Gewerbereststoffe verwertet.

Für die Versuche dienten verschiedene etablierte am Markt verfügbare Polyurethanbeschichtungen als Modell für die Entwicklungsarbeiten.

### **• Analyse des Abbauverhaltens im Labor mit dem Respirometer**

Die Analysen zum biologischen Abbau wurden mit dem Respirometer in Anlehnung an DIN EN ISO 14851:2019 und DIN EN 14048:2002 durchgeführt.

Eine Konzentrationsreihe der zu testenden Substanzen wurden in das Respirometer in flüssigem Mineralsalzmedium eingebracht, wobei das Mineralsalzmedium gleichzeitig als Blindwert diente. Als Inokulum diente Belebtschlamm aus der kommunalen Kläranlage. Die Versuche wurden bei Temperaturen von 20°C gefahren.

Bei biologischen Abbauvorgängen wird Sauerstoff von den Mikroorganismen verbraucht und der Druck im Testsystem sinkt. Um bei konstantem Volumen den Druck im System konstant zu halten, wird Sauerstoff nachgeführt und diese Sauerstoffmenge wird kontinuierlich gemessen.

Der Abbauverlauf wurde durch den um die Blindwerte korrigierten Sauerstoffverbrauch charakterisiert, ausgedrückt in Prozent des theoretischen Sauerstoffbedarfs für die Substanz.

Als Testsubstanz wurde ein konventioneller Stabilschaumcompound auf Basis von Polyurethan zur wasserbasierten Herstellung von Kunstleder verwendet. In diesen wurde Arbocel UFC 100 in unterschiedlichen Konzentrationen eingearbeitet. Der Rakelspalt betrug 200 µm. Der Feststoffgehalt der PU-Formulierung betrug 46 Gew.-% ohne Arbocel UFC 100.

Folgende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen Cellulosepartikelkonzentration. Je höher die Konzentration an Cellulose, desto schneller ist die Abbaurrate.

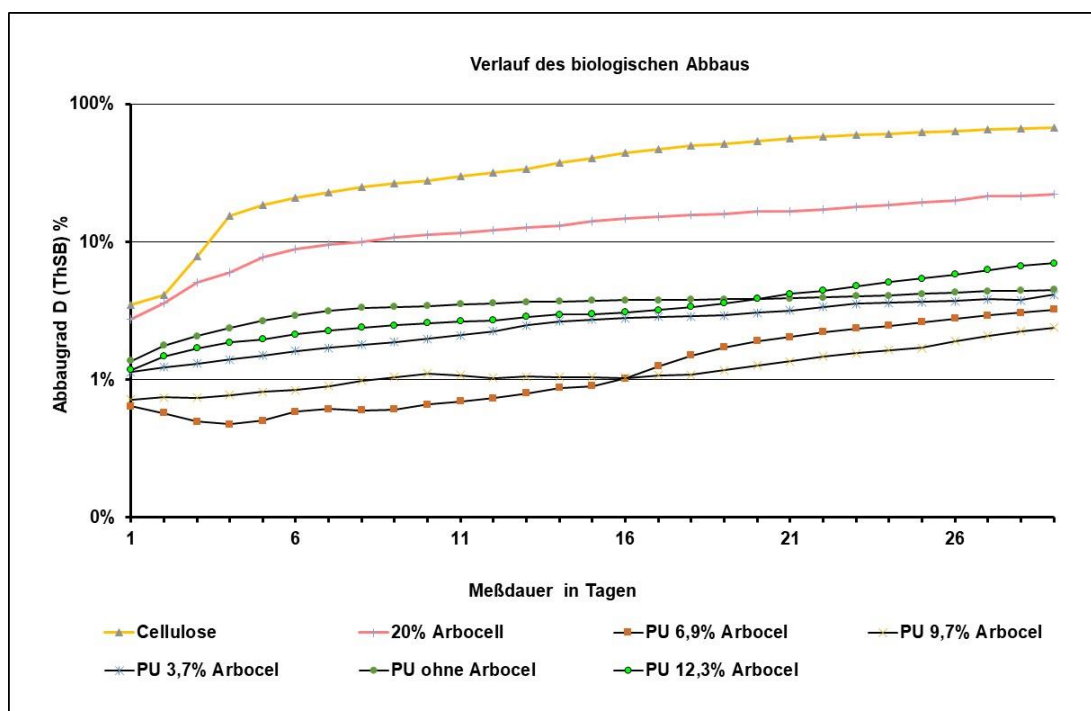


Abb. 1: Verlauf des biologischen Abbaus von den untersuchten Proben mit verschiedenen Konzentrationen an inkorporierten Cellulosepartikeln

- **Feldversuche in einem Industriekompostwerk**

Kompostierungsversuche wurden in einer Mieten-Kompostieranlage nach DIN 14322 mit einer Kapazität/Durchsatz von 30.000 t/a in belüfteter überdachter Intensivrotte (Vorrotte) und in belüfteten offenen Dreiecksmieten (Haupt- und Nachrotte) durchgeführt.

Vor jeder Umsetzung einer Miete wurden die an verschiedenen Stellen vergrabenen PP-Netze mit den enthaltenen Proben entnommen.

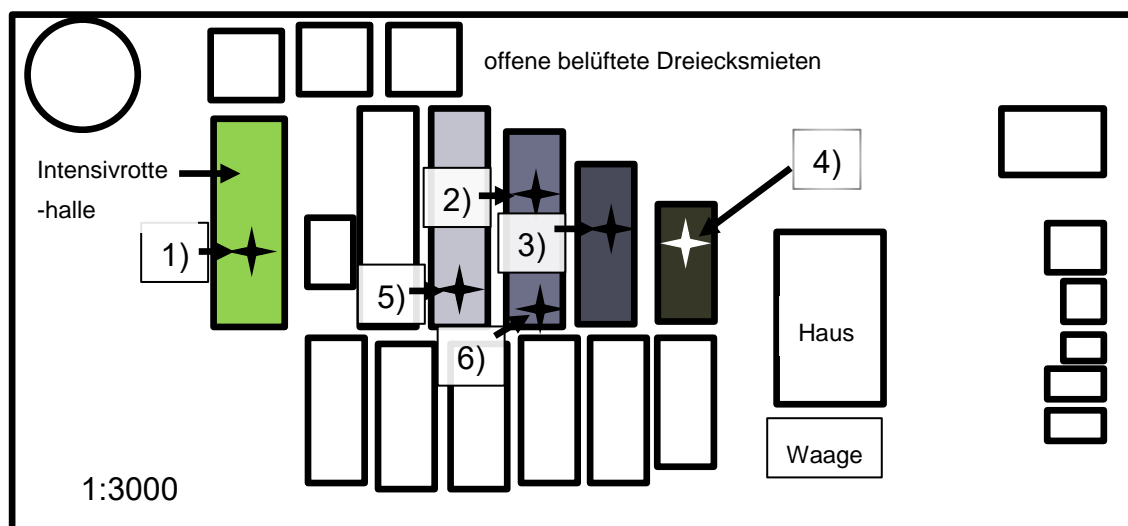


Abb. 2: Schematische Darstellung der 30.000 m<sup>2</sup> großen Kompostieranlage (1, 2, 3, 4, 5 und 6 sind Mietenpositionen)

Zur Bestimmung des Abbaus wurden von jeder Position (insgesamt 6 Positionen) und jeder Mustervariante drei Proben entnommen sowie getrocknet, gesäubert und archiviert.

Rotte-Parameter:

- Dreiecksmieten mit Breiten von ca. 22 m und Höhe von 3 bis 3,5 m
- Position der Proben in der Miete (mittig in 1 m Höhe)
- aerober biologischer Abbau durch Druckbelüftung am Mietenfuß: Belüftungsrate von 1 m<sup>3</sup> Luft/h (Durchschnitt) für 1m<sup>3</sup> Rottegut.

- Bewässerung der Dreiecksmiete erfolgt von oben. Der Wassergehalt rangiert zwischen anfangs 65 % und am Ende 45%.
- Baum- und Strauchschnitt als Strukturmaterial: Luftporenvolumen zwischen anfangs 50% und am Ende 30%

Es konnte ein biologischer Abbau mittels Gewichtsänderung der PU-Systeme mit verschiedenen Gehalten an inkorporierten Cellulosepartikeln vor und nach der Kompostierung beobachtet werden.

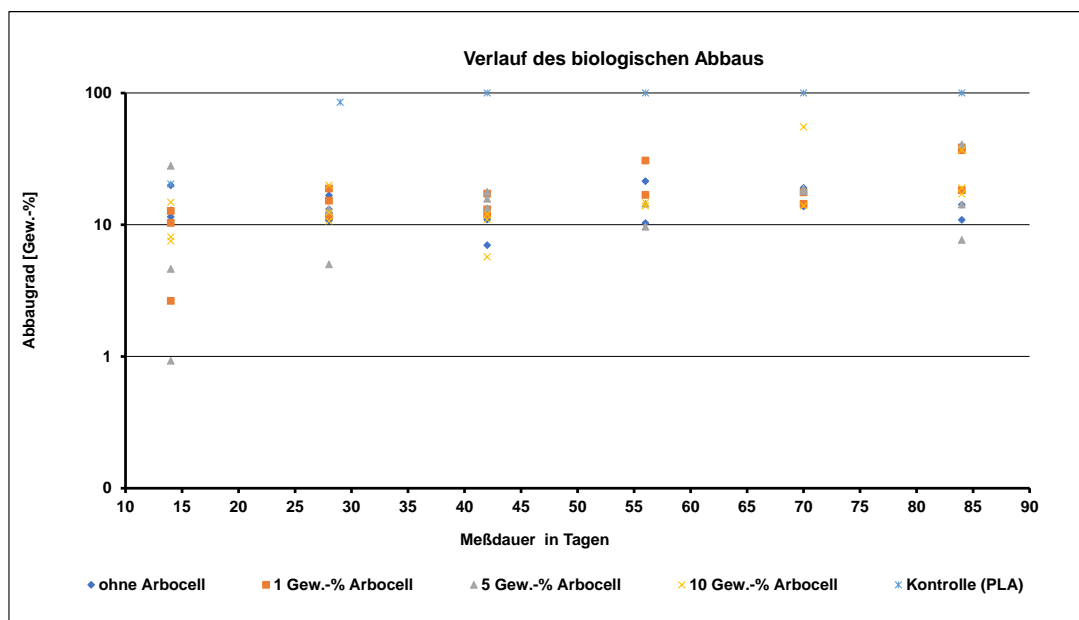


Abb. 3: Gewichtsänderung der untersuchten Proben mit unterschiedlichen Gehalten an inkorporierten Cellulosepartikeln in Abhängigkeit von der Verweildauer in der Rotte

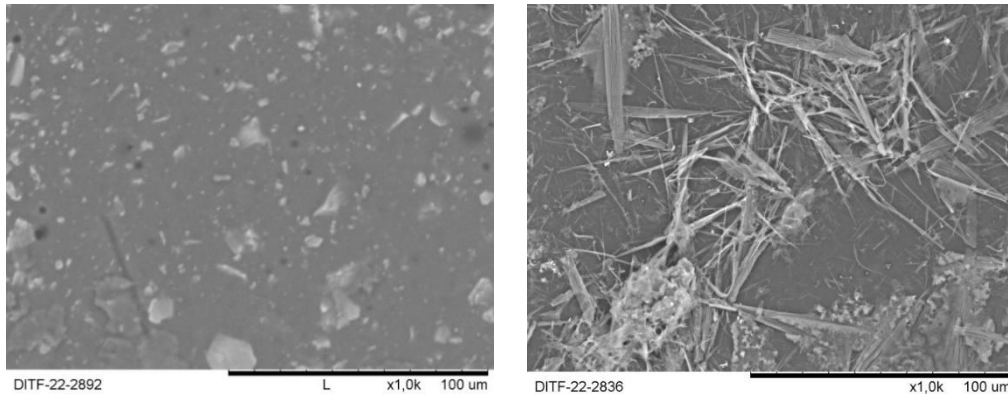


Abb. 4: Beschichtung mit Arbocell vor (links) und nach der Besiedlung durch Mikroorganismen (rechts)

Es konnte ebenfalls ein biologischer Abbau mittels Gewichtänderung der PU-Systeme mit inkorporierten Cellulosepartikeln während der Kompostierung beobachtet werden. Eine feine Differenzierung dieses Abbaus wie im Labor ist in der Kompostieranlage schwieriger. Direkt über den Proben befanden sich zu Beginn in der Intensivrotte über fünf Tonnen Bioabfall aus kommunaler Sammlung. In der Miete müssen dann schon über zehn Tonnen Kompost über den Proben vor der Bergung entfernt werden. Hierbei wirken starke mechanische Kräfte auf die Proben ein.

## Danksagung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 20784 N1/N2 der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 14-16, 10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 20784 N1/N2 ist an den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) erhältlich.

Ansprechpartner: Dr. Jamal Sarsour, [jamal.sarsour@ditf.de](mailto:jamal.sarsour@ditf.de)