

Verarbeitung von Biopolymeren zu 3D-Nanofaser-Schwämmen



Prof. Dr. Christian Adlhart
Leiter Fachstelle Funktionelle Materialien und Nanotechnologie, Institut für Chemie und Biotechnologie, adas@zhaw.ch

Nanofasern sind 100- bis 1000-mal dünner als menschliches Haar. Sie zeichnen sich durch eine grosse spezifische Oberfläche aus und werden überall dort eingesetzt, wo Wechselwirkungen mit Oberflächen kritisch sind. Filter, Membranen in Schutzbekleidung, Beschichtungen von Implantaten oder chemische Sensoren können Nanofasern enthalten. An der ZHAW arbeiten wir seit mehreren Jahren an einem Verfahren, um ultraleichte Schwämme aus Nanofasern herzustellen. Dabei werden die Fasern geschnitten und dispergiert. Nach dem Gefriertrocknen bleibt ein hoch poröses Fasergerüst zurück. Dieses eignet sich zum Beispiel als Hochleistungsfilter [1] oder thermischer Isolator [2].

Nebenprodukte nutzen

Im Rahmen von BIOMAT wollten wir synthetische Polymere wie Nylon durch nachwachsende Stoffe aus Nebenströmen ersetzen, die nicht in Konkurrenz zu Lebensmitteln stehen. Das Polysaccharid Chitin lässt sich aus den Zellwänden von Pilzresten gewinnen. Das

Eigenschaft	Nylon	Chitosan
Faserdurchmesser/nm	175	309
Spezifische Oberfläche/m ² g ⁻¹	13	8,4
Scheinbare Dichte/mg cm ⁻³	16,6	5,8
Porosität/%	98,5	99,6
Effektives Modulus/kPa	5,3	43

Tabelle 1: Eigenschaften von Nylon und Chitosan-Nanofaser-Schwämmen

Maisprotein Zein fällt bei der Herstellung von Bioethanol an.

Biopolymere unterscheiden sich von synthetischen Polymeren durch ihre vielen funktionellen Gruppen wie OH oder NH₂. Das macht ihre Verarbeitung schwieriger, bietet aber die Möglichkeit, die Fasern durch chemische Reaktionen gezielt zu funktionalisieren. Bei der Transformation der Biopolymere arbeiten wir nach den Prinzipien der Grünen Chemie, indem wir möglichst auf organische Lösemittel verzichten und Prozesse wässrig führen. Bei der Herstellung von Chitosan-Nanofasern, Abbildung a, und ihrer erstmaligen Transformation zu ultraleichten und hoch porösen Nanofaser-Schwämmen, Abbildung b, ist uns dies gelungen [3]. Der Vergleich mit einem synthetischen Nylon-Nanofaser-Schwamm [4] zeigt,

was aus einem Nebenprodukt der Lebensmittelindustrie entwickelt werden kann (Tabelle 1). Zwar waren die Chitosan-Fasern etwas dicker und ihre spezifische Oberfläche entsprechend kleiner, aber das Chitosan-Material war 3-mal leichter und bestand fast nur noch aus Luft (99,6% Porosität). Eindrücklich war die 8-fache Steifigkeit mit einem Modulus von 43 kPa.

In der Praxis haben wir das Material als Filter für Mikroplastik eingesetzt. In Modellversuchen konnten > 99,4% aller Partikel entfernt werden [3]. Derzeit arbeiten wir an Zein-basierten Nanofaser-Schwämmen. Mit ihrer hydrophoben Oberfläche eignen sie sich wie unsere Silan-modifizierte Pullulan-Schwämme [5] zur Trennung von Wasser-in-Öl-Emulsionen, Abbildung d. Diese Materialien können mehr als das 100-fache Eigengewicht an Öl aufnehmen. Obwohl wir davon ausgehen, dass die biobasierten Nanofasern-Schwämme biologisch abbaubar sind und sich so der Materialzyklus schliesst, müssen wir das im Rahmen von BIOMAT noch bestätigen. ■

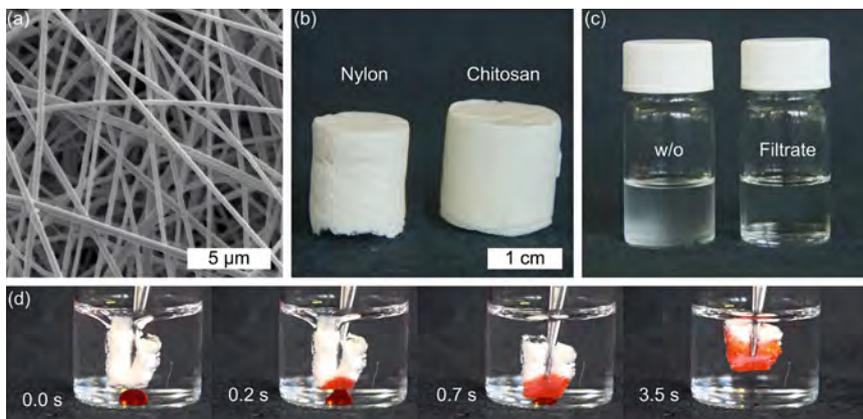


Abb.: (a) Rasterelektronenmikroskop(REM)-Aufnahme von Chitosan-Nanofasern; (b) Rohöl-basierter Nylon- und Biomaterial-basierter Chitosan-Nanofaser-Schwamm; (c) Wasser-in-Öl-Emulsion und Filtration nach Passage durch einen Chitosan-Nanofaser-Schwamm; (d) schnelle Aufnahme von Chloroform (Sudan rot gefärbt) aus Wasser

[1] Deuber, F.; Mousavi, S.; Federer, L.; Hofer, M.; Adlhart, C. *ACS Appl. Mat. Inter.* 2018, 10 (10), 9069, 10.1021/acsami.8b00455. [2] Zhao, S.; Emery, O.; Wohlhauser, A.; Koebel, M. M.; Adlhart, C.; Malfait, W. J. *Mater. Design* 2018, 160, 294, 10.1016/j.matdes.2018.09.010. [3] Risch, P.; Adlhart, C. *ACS Appl. Poly. Mat.* 2021, 3 (9), 4685, 10.1021/acsapm.1c00799. [4] Mousavi, S.; Filipová, L.; Ebert, J.; Heiligtag, F. J.; Daumke, R.; Loser, W.; Ledergerber, B.; Frank, B.; Adlhart, C. *Sep. Pur. Tech.* 2022, 284, 120273, 10.1016/j.seppur.2021.120273. [5] Deuber, F.; Mousavi, S.; Federer, L.; Adlhart, C. *Adv. Mat. Inter.* 2017, 4 (12), 1700065, 10.1002/admi.201700065.