
Funktionale Nanofaser-Komposite zur selektiven Entfernung von Metall-Ionen und Keimen aus Wasser

H. Thomas*, X. Zhu*, M. Möller*, K. Kreger**, D. Nardini**, H.-W. Schmidt**

* DWI – Leibniz-Institut für Interaktive Materialien,

** MC I - Makromolekulare Chemie I der Universität Bayreuth

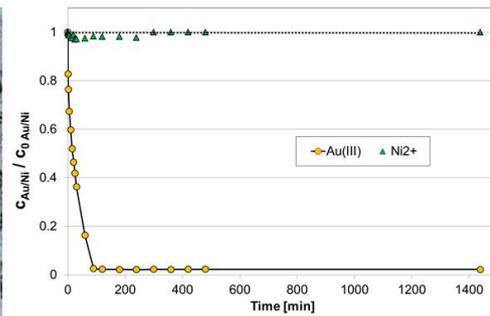
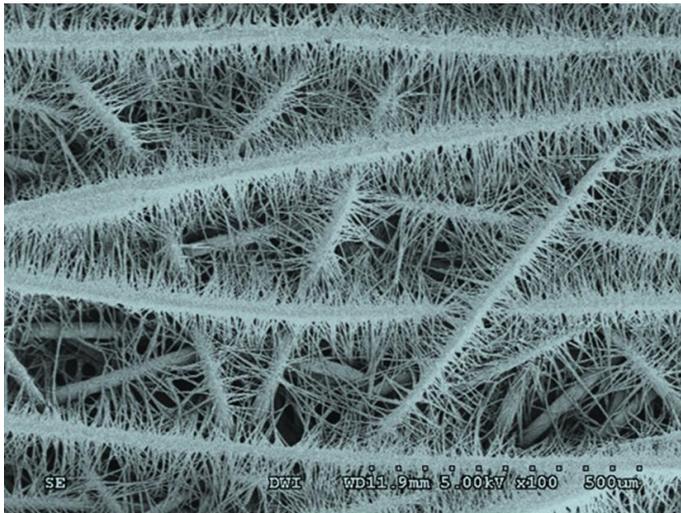
Zusammenfassung der Ergebnisse

Projektziel war die Entwicklung völlig neuer Medien für die Filtration von Wasser, die neben einer mechanischen Abtrennung (Entfernung von Bakterien) selektiv weitere Stoffe entfernen können, wie gelöste Wert- oder auch Schadmetalle. Es wurden Komposite aus Textilträgern bzw. Sandschüttungen und supramolekularen Nanofasern mit funktioneller (schwefelhaltiger) Peripherie entwickelt, die Schad-/Wertstoffe hocheffizient aus Wasser entfernen können. Dazu wurden neue faserbildende kleine Bausteine synthetisiert, die sich durch einfache Tauchbehandlung aufbringen lassen und während des Trocknungsprozesses in einer Trägerstruktur ein ultrafeines Filtrationsnetzwerk ausbilden, das nicht nur in der Lage ist, Bakterien hocheffizient zurückzuhalten, sondern auch Schwermetalle.

Durch den Einbau schwefelhaltiger Gruppen in die Nanofaseroberfläche wurde angestrebt, Schwermetalle aus Stoffströmen zu entfernen. Aus einer Reihe von synthetisierten 1,3,5-Benzotrisamid-Derivaten (BTA) mit unterschiedlicher schwefelhaltiger Peripherie war als supramolekularer Baustein ein BTA mit drei Methioninmethylester-Seitengruppen für die Aufgabenstellung besonders geeignet. In Mischung mit einem BTA-Baustein mit 2-Ethylhexylresten konnten filtrationsstabile Nanofasern in Trägern aufgebaut werden. Für die verwendete Lösungsmittelmischung aus n-Propanol/Wasser dient die Beimischung geringer Mengen des nicht-schwefelhaltigen BTAs der Nukleierung des Faserwachstums des schwefelhaltigen BTAs von der Oberfläche des Textilträgers und somit ausschließlich als Haftvermittler. Auf Basis dieser beiden BTAs konnten unter Verwendung eines anderen Lösungsmittels (2-Butanon) auch erstmals einzigartige Kern-Schale-Nanofasern mit einer ausschließlich schwefelhaltigen funktionellen Nanofaseroberfläche erhalten werden.

Es gelang, supramolekulare Nanofasern aus 2-Butanon in-situ in Schüttungen einzubringen und die Kern-Schale-Nanofasern effizient mit Nanosilber zu belegen. Die Filtrationsleistung dieses Tiefenfiltermediums kann auch ohne Nanosilber Bakterien (*E.coli*) hocheffizient (99,8%) zurückzuhalten. Durch Belegung mit Nanosilber gelang es, 100% keimfreies Wasser zu erhalten.

Die Filtration von Metallsalz- bzw. Metallkomplex-haltigen Lösungen an Textil-basierten Kompositen mit supramolekularen Nanofasern aus dem schwefelhaltigen BTA und kleinen Mengen des BTA-Bausteins mit 2-Ethylhexylresten aus n-Propanol/Wasser zeigte, dass das hergestellte neue Filtersystem streng nach dem HSAB-Konzept von Paerson arbeitet und selektiv weiche Metallsalze/-komplexe mit der Adsorptionseffektivität $Au \gg Hg > Ag \gg Pt$ bindet. Die hohe Adsorptionseffektivität für Gold ist auf die Redoxaktivität des eingesetzten Au(III)-Komplexes zurückzuführen, die zur Oxidation des Methioninrestes im BTA und Bildung von Nano-Gold führt, das sich somit dem Adsorptionsgleichgewicht entziehen kann. Grundsätzlich wird Au(III) sehr schnell (Adsorptionsgeschwindigkeit für 100 mg/L Au(III): 30.6 %/min) und hocheffizient in hoher Konzentration (99.9 % bei ca. 1 g Au(III)/L) zurückgehalten. Dabei stören harte Lewis-Säuren nicht, so dass u.a. Au(III) nicht nur vollständig adsorbiert, sondern gleichzeitig von Ni^{2+} bzw. Cu^{2+} getrennt wird. Dies ist u.a. für die Aufarbeitung von Elektronikschrott interessant, bei dem Kontakte aus Cu und Ni zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit vergoldet sind. Für einen mit supramolekularen Nanofasern ausgestatteten PET-Filz liegt die Kapazitätsgrenze bei 23 g Au / kg Textil, die je nach Au(III)-Ausgangskonzentration durch Einfach- bzw. Mehrfachbeladungen erreicht werden kann. Dabei bleibt das Filtermedium auch bei nacheinander durchgeführten Trennprozessen intakt, so dass das Filtermedium grundsätzlich bis zum Erreichen der Kapazitätsgrenze mehrfach beladen werden kann.



Links: REM-Bild eines Komposits aus PET-Nadelfilz und supramolekularen Nanofasern mit schwefelhaltiger Peripherie (links)

Oben: Selektive und effiziente Abtrennung von Au(III) bei gemeinsamer Filtration mit Ni-Ionen

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 19071 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstr. 14-16, 10117 Berlin wurde über die AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Weiterhin möchten wir uns bei den Mitgliedern des Projekt-begleitenden Ausschusses für die Unterstützung des Projektes, insbesondere für die Beratung und Hilfestellung bedanken.

Der Schlussbericht zum IGF-Forschungsvorhaben 19071 N „Funktionale Nanofaser-Komposite“ ist über die Forschungsstellen zu beziehen:

DWI – Leibniz-Institut für Interaktive Materialien,
bibliothek@dwil.rwth-aachen.de
Forckenbeckstr. 50, 52074 Aachen.

Makromolekulare Chemie I der Universität Bayreuth
klaus.kreger@uni-bayreuth.de
Universitätsstr. 30, 95440 Bayreuth

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages