



Massachusetts  
Institute of  
Technology

Membranen auf der Basis von natürlicher Seide und Zellulose können viele Verunreinigungen entfernen, „ewige Chemikalien“ und Schwermetalle eingeschlossen.



Das Team plant, das Material weiter zu verbessern, insbesondere im Hinblick auf die Haltbarkeit und die Verfügbarkeit von Ausgangsmaterialien..

Bild: Manuel Darío Fuentes Hernández, Pixabay

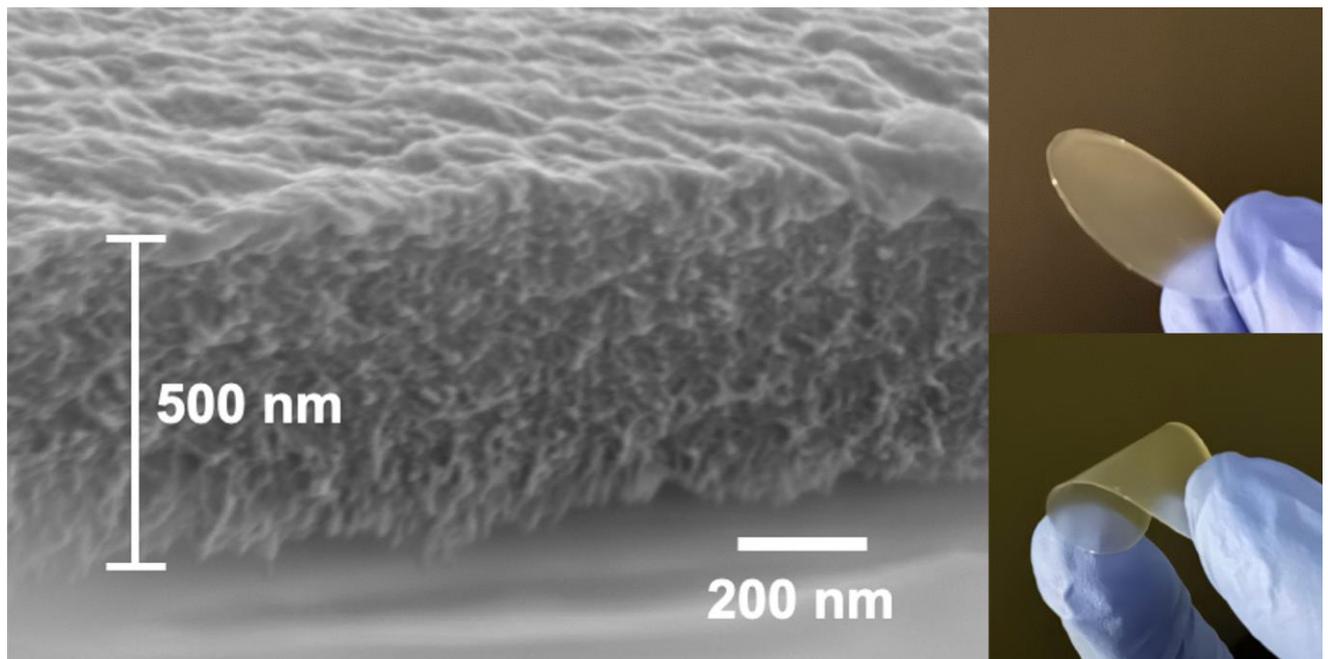
Die Wasserverschmutzung durch Chemikalien, die in der modernen Technologie verwendet werden, ist weltweit ein schnell wachsendes Problem. Eine kürzlich durchgeführte Studie der US Centers for Disease Control ergab, dass 98 Prozent der getesteten Personen nachweisbare PFA<sup>1</sup>-Werte aufwiesen. Ein neues Filtermaterial, das von Forschern des MIT entwickelt wurde, könnte eine natürliche Lösung für dieses hartnäckige Verschmutzungsproblem bieten. Das Material, das auf natürlicher Seide und Zellulose basiert, ist in der Lage, viele dieser schwer abbaubaren Chemikalien sowie Schwermetalle zu entfernen. Die antimikrobiellen Eigenschaften des Materials können darüber hinaus zur Verhinderung der Verschmutzung der Filter beitragen.

Die Ergebnisse werden in der Fachzeitschrift ACS Nano in einem Artikel von Yilin Zhang, Postdoktorandin am MIT, Benedetto Marelli, Professor für Bau- und Umwelttechnik, und vier weiteren MIT-Mitarbeitern

<sup>1</sup> Perfluoralkoxy-Polymere

beschrieben.

PFAS-Chemikalien sind in einer Vielzahl von Produkten enthalten, darunter Kosmetika, Lebensmittelverpackungen, wasserabweisende Kleidung, Schaumstoffe zur Brandbekämpfung und Antihafbeschichtungen für Kochgeschirr. Eine kürzlich durchgeführte Studie hat allein in den USA 57.000 Standorte identifiziert, die mit diesen Chemikalien kontaminiert sind. Die US-Umweltschutzbehörde schätzt, dass die Sanierung von PFAS jährlich 1,5 Milliarden Dollar kosten wird, um die neuen Vorschriften zu erfüllen, die eine Begrenzung auf weniger als 7 ppb im Trinkwasser vorschreiben.



Durch die Einbettung von Cellulose in seidenbasierte Fibrillen, die sich zu einer dünnen Membran formen lassen, und die anschließende Anpassung der elektrischen Ladung der Cellulose haben die Forscher ein Material hergestellt, das in Labortests Verunreinigungen sehr effizient entfernt.

Das Bild zeigt ein Beispiel für einen solchen Filter. Mit freundlicher Genehmigung der Forscher

Die Verunreinigung durch PFAS und ähnliche Verbindungen „ist in der Tat ein sehr großes Problem, und die derzeitigen Lösungen sind nur teilweise effizient oder wirtschaftlich“, sagt Zhang. „Deshalb haben wir diese völlig natürliche Lösung auf Protein- und Zellulosebasis entwickelt“, erläutert er.

„Wir sind zufällig auf das Projekt gestoßen“, sagt Marelli. Die ursprüngliche Technologie, die das Filtermaterial ermöglichte, hatte seine Gruppe für einen ganz anderen Zweck entwickelt - als Mittel zur Herstellung eines Kennzeichnungssystems, mit dem die Verbreitung von gefälschtem, oft minderwertigem Saatgut verhindert werden sollte. Sein Team hat einen Weg gefunden, Seidenproteine in einem umweltfreundlichen, wasserbasierten Tropfverfahren bei Raumtemperatur in einheitliche nanoskalige Kristalle, so genannte Nanofibrillen, umzuwandeln.

Zhang vermutete, dass ihr neues Nanofibrillenmaterial Schadstoffe effektiv filtern könnte, aber erste Versuche mit den Seiden-Nanofibrillen allein funktionierten nicht. Das Team beschloss, ein weiteres Material hinzuzufügen: Zellulose, die im Überfluss vorhanden ist und aus landwirtschaftlichen Zellstoffabfällen gewonnen werden kann. Die Forscher wandten eine Methode der Selbstorganisation an, bei der das Seidenprotein

Fibroin in Wasser suspendiert und dann durch Einlagerung von Cellulose-Nanokristallen zu Nanofibrillen geformt wird. Dadurch ordnen sich die zuvor ungeordneten Seidenmoleküle entlang der Fibrillen an und bilden die Grundlage für ein Hybridmaterial mit ausgeprägten neuen Eigenschaften.

Durch die Einbettung von Cellulose in Seidenfibrillen, die sich zu einer dünnen Membran formen lassen, und die anschließende Einstellung der elektrischen Ladung der Cellulose haben die Forscher ein Material hergestellt, das in Labortests Verunreinigungen sehr effizient entfernt.

Sie fanden heraus, dass die elektrische Ladung der Zellulose ihr auch starke antimikrobielle Eigenschaften verleiht. Dies ist ein entscheidender Vorteil, da eine der Hauptursachen für das Versagen von Filtrationsmembranen die Verschmutzung durch Bakterien und Pilze ist. Die antimikrobiellen Eigenschaften dieses Materials dürften das Problem der Kontamination deutlich verringern, so die Forscher.

„Diese Materialien können wirklich mit den derzeitigen Standardmaterialien für die Wasserfiltration konkurrieren, wenn es darum geht, Metallionen und diese neu auftretenden Verunreinigungen zu entfernen, und sie können sogar einige der derzeitigen Materialien übertreffen“, sagt Marelli. In Labortests konnten die Materialien um Größenordnungen mehr Schadstoffe aus dem Wasser entfernen als die derzeit verwendeten Standardmaterialien, Aktivkohle oder granuliert Aktivkohle.

Während die neue Arbeit als Beweis des Prinzips dient, so Marelli, will das Team weiter an der Verbesserung des Materials arbeiten, insbesondere im Hinblick auf die Haltbarkeit und die Verfügbarkeit der Ausgangsmaterialien. Die verwendeten Seidenproteine sind zwar als Nebenprodukt der Seidentextilindustrie verfügbar, aber wenn dieses Material in größerem Maßstab eingesetzt werden soll, um den weltweiten Bedarf an Wasserfiltration zu decken, könnte die Verfügbarkeit unzureichend sein. Außerdem könnten alternative Proteinmaterialien kostengünstiger sein, um die gleiche Funktion zu erfüllen.

Zunächst werde das Material wahrscheinlich als „Point-of-Use“-Filter verwendet, also als etwas, das an einen Küchenwasserhahn angeschlossen werden kann, sagt Zhang. Mit der Zeit könnte es auch zur Filterung von kommunalem Wasser eingesetzt werden, aber erst nachdem Tests gezeigt haben, dass dadurch keine Gefahr besteht, dass Verunreinigungen in die Wasserversorgung gelangen. Ein großer Vorteil des Materials sei jedoch, dass sowohl die Seide als auch die Zellulosebestandteile als lebensmittelecht gelten, so dass eine Verunreinigung unwahrscheinlich ist.

„Die meisten herkömmlichen Materialien, die heute auf dem Markt sind, konzentrieren sich auf eine Klasse von Verunreinigungen oder lösen einzelne Probleme“, sagt Zhang. „Ich glaube, wir gehören zu den Ersten, die alle diese Probleme gleichzeitig angehen.“

„Was ich an diesem Ansatz so toll finde, ist, dass er ausschließlich natürliche Materialien wie Seide und Zellulose zur Bekämpfung der Verschmutzung verwendet“, sagt Hannes Schniepp, Professor für Angewandte Wissenschaften am College of William and Mary, der nicht an dieser Arbeit beteiligt war. „Konkurrierende Ansätze verwenden synthetische Materialien, die in der Regel nur noch mehr Chemie erfordern, um einige der negativen Auswirkungen zu bekämpfen, die die Chemie hervorgebracht hat. [Diese Arbeit durchbricht diesen Teufelskreis! ... Wenn dies wirtschaftlich in Massenproduktion hergestellt werden kann, könnte es wirklich einen großen Einfluss haben“.

Zu dem Forschungsteam gehörten die MIT- Postdoktoranden Hui Sun und Meng Li, der Doktorand Maxwell Kalinowski und der jüngste Absolvent Yunteng Cao PhD '22, der jetzt als Postdoktorand an der Yale University



arbeitet. Die Arbeit wurde vom U.S. Office of Naval Research, der U.S. National Science Foundation und der Singapore-MIT Alliance for Research and Technology unterstützt.

*Quelle: David L. Chandler | MIT News*