



Forscher an der Tufts-Universität nutzen Seidenproteine zur Herstellung von Handschuhen, die Viren erkennen, chirurgischen Schrauben, die sich im Körper auflösen, und anderen biomedizinischen Materialien der nächsten Generation

Etwa eine Meile nordwestlich des Tufts-Campus in Medford/Somerville befindet sich im vierten Stock einer umgebauten Wollfabrik ein Schrein für Seide. Glasvasen mit Seidenraupenkokons und gewaschenen Seidenfasern stehen kunstvoll auf einem Regal gegenüber einer bunten Zeichnung des Lebenszyklus von *Bombyx mori*, dem domestizierten Seidenspinner. Weiter innen grenzen weitere Kokons in Wandvitrinen an eine große Nahaufnahme von Seidenfasern, und auf Displays sind Dutzende von Prototypen aus Seide zu sehen, darunter intelligente Stoffe, Biosensoren, ein Helm, der bei einem Aufprall die Farbe wechselt, und potenzielle Ersatzstoffe für Materialien wie Leder, Kunststoff und Spanplatten.



Mit ein paar Handgriffen im Labor können Tufts-Forscher einen trockenen Seidenkokon in eine Flüssigkeit verwandeln, die mit einem Strukturprotein gefüllt ist. "Von dort aus kann man bauen, was man will", sagt Fiorenzo Omenetto, Direktor des Silklab.

Foto: Jenna Schad



Das Einzige, was fehlt, sind die Seidenraupen selbst, aber Fiorenzo Omenetto, der Direktor von Silklab und Frank C. Doble Professor of Engineering an der Tufts University, sagte, dass sie bald eintreffen werden. Das Labor baut ein Terrarium, in dem Besucher die Tiere besichtigen können.

„Wir werden ein Fest der Seidenraupen und Motten veranstalten“, so Omenetto.

Seide wird schon seit Tausenden von Jahren gezüchtet und geerntet. Am bekanntesten ist sie für den widerstandsfähigen, schimmernden Stoff, der aus ihren Fasern gewebt werden kann, aber sie wird auch seit langem in der Medizin zum Verbinden von Verletzungen und Nähen von Wunden verwendet. Im Silklab bauen Omenetto und seine Kollegen auf dem Erbe der Seide auf und beweisen, dass diese uralte Faser zur Entwicklung der nächsten Generation biomedizinischer Materialien beitragen könnte.

**“DIE NATUR BAUT STRUKTURPROTEINE, DIE SEHR ROBUST UND SEHR STARK SIND...  
VON DORT AUS KANN MAN BAUEN, WAS MAN WILL.”**

Fiorenzo Omenetto, Direktor, Tufts Silklab

Die Raupen von Seidenspinnern, auch Seidenraupen genannt, stoßen einen einzigen klebrigen Seidenstrang aus ihrem Maul aus, um Cocons zu bilden, die von Seidenbauern zur Herstellung von Seidengarn geerntet werden. Im Kern besteht Seide aus einer Mischung von zwei Proteinen: Fi-Broin, das die Struktur der Faser bildet, und Sericin, das sie zusammenhält. Mit ein paar Handgriffen im Labor können Tufts-Forscher das Sericin entfernen und die Fasern auflösen, so dass sich ein trockener Kokon in eine mit Fibroin gefüllte Flüssigkeit verwandelt.

„Die Natur baut Strukturproteine, die sehr robust und sehr widerstandsfähig sind“, erläutert Omenetto. „Ihre Bausteine sind diese Fibroinproteine, die im Wasser schwimmen. Daraus kann man alles bauen, was man will.“

Beginnend mit Lieferungen getrockneter Kokons von Seidenfarmen konnten Omenetto und seine Kollegen Gele, Schwämme, klare, plastikähnliche Folien, bedruckbare Tinten, Feststoffe, die wie Bernstein aussehen, eintauchbare Beschichtungen und vieles mehr herstellen.

„Jedes der Materialien, die man herstellt, kann all diese verschiedenen Funktionen enthalten, und ein Tag hat nur 24 Stunden“, sagt Omenetto lachend. „Deshalb schlafe ich auch nicht.“

### **Biokompatibel und biologisch abbaubar**

Als Omenetto vor fast zwei Jahrzehnten an die Tufts-Universität kam, konzentrierte sich seine Forschung auf Laser und Optik - Seide stand nicht auf dem Plan. Doch ein zufälliges Gespräch mit David Kaplan, dem Stern Family Professor of Engineering und Vorsitzenden der Abteilung Biomedizintechnik, brachte ihn auf einen neuen Weg.



Kaplan, der seit Anfang der 90er Jahre mit Seide arbeitet, entwarf ein Seidengerüst, das bei der Wiederherstellung der Hornhaut eines Menschen helfen sollte, indem es Zellen zwischen den Schichten wachsen ließ. Er brauchte eine Möglichkeit, um sicherzustellen, dass die wachsenden Zellen ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden, und zeigte Omenetto das kleine, transparente Blatt, der sofort von dem Material fasziniert war. Omenetto konnte mit den Lasern seines Labors winzige Löcher in Kaplans Seidenhornhaut setzen. Schnell folgten weitere Kooperationen.

„Seitdem haben wir ununterbrochen zusammengearbeitet“, sagte Kaplan.

Eine dieser Forschungsrichtungen ist es, Wege zu finden, um Seide für die Reparatur und das Nachwachsen von Knochen, Blutgefäßen, Nerven und anderem Gewebe zu nutzen. Seide ist biokompatibel, d. h. sie schadet dem Körper nicht und lässt sich auf vorhersehbare Weise abbauen. Mit der richtigen Vorbereitung können Seidenmaterialien die notwendige Festigkeit und Struktur bieten, während der Körper heilt.

„Man kann die Seide so bearbeiten und formen, wie man sie braucht, und sie wird das erforderliche Format beibehalten, während das native Gewebe in die Lücke hineinwächst und das Seidenmaterial abgebaut wird“, sagte Kaplan. „Schließlich ist es zu 100 Prozent verschwunden, und man hat wieder sein normales Gewebe.“

Ein Teil dieser Arbeit wurde bereits von der US-amerikanischen Food and Drug Administration freigegeben. Ein Unternehmen namens Sofregen, das aus der Forschung von Kaplan und Omenetto hervorgegangen ist, verwendet ein injizierbares Gel auf Seidenbasis, um beschädigte Stimmbänder wieder zu reparieren, also das Gewebe, das den Luftstrom reguliert und uns beim Sprechen hilft.

Die stabilen Seidenstrukturen können ihre Größe, Form und Funktion über Jahre hinweg beibehalten, bevor sie sich abbauen. Aber in einigen Fällen, z. B. bei chirurgischen Schrauben und Platten, die für schnell wachsende Kinder bestimmt sind, wäre dieses Tempo zu langsam. Die Forscher mussten einen Weg finden, um die Zeit zu beschleunigen, in der sich dichtes Seiden-Biomaterial abbaut. Sie setzten der Seide ein körpereigenes Enzym zu, um den Abbauprozess zu beschleunigen. Die Idee ist, dass das Enzym trocken und inaktiv in der Seidenvorrichtung sitzt, bis die Struktur in einem Menschen eingesetzt wird, und dass dann die Vorrichtung hydratisiert und das Enzym aktiviert wird, um das Material schneller zu zersetzen.

„Wir können genau die richtige Menge an Enzymen zugeben, damit eine Schraube in einer Woche, einem Monat oder einem Jahr verschwindet“, so Kaplan. „Wir haben die volle Kontrolle über den Prozess.“

Gegenwärtig arbeiten Kaplan und sein Labor an anderen kleinen, abbaubaren medizinischen Geräten, die dazu beitragen würden, die Zahl der Operationen, die Patienten benötigen, zu verringern. So werden beispielsweise bei chronischen Ohrinfektionen häufig Ohrschläuche implantiert, die dann operativ entfernt werden müssen. Kaplan und seine Kollegen haben Ohrschläuche aus Seide entwickelt, die sich von selbst abbauen und sogar Antibiotika enthalten können.

„Als jemand, dessen Tochter sechs Operationen am Ohr hinter sich hat, weiß ich, wie hilfreich dies sein kann“, so Kaplan.



Foto: Jenna Schad

Die aus Textilabfällen gewonnene Seidenlösung nimmt die Farbe der Stoffe an. Die gefärbte Lösung wird zur Herstellung von Upcycling-Materialien für Non-Food- und Non-Medical-Anwendungen wie Schaumstoffe und Druckfarben verwendet.

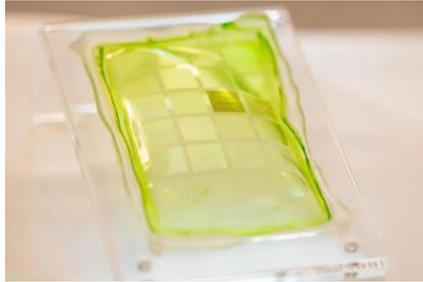


Foto: Jenna Schad

Ein Seidenbogen mit diffraktiven optischen Elementen, die die Form des Lichts verändern, kann im Tufts-Labor aus ausrangierter Seide aus der Modeindustrie hergestellt werden. Solche optischen Elemente werden von Hologrammen bis hin zu Lasern verwendet.



Foto: Jenna Schad

Reste von Seidentextilien können in feste Materialien umgewandelt werden, die vielfältige Formen annehmen können, wie z. B. dieser Prototyp eines Brillengestells.

*Quelle: Laura Castañón, Tufts University, Massachusetts USA*