





Die Hightech- Spinnerei

**Fünfmal zugfester als Stahl.
Dreimal druckfester als Eichenholz.
Ein Geflecht daraus hält ein ganzes Flugzeug fest:
Wie TUM-Forscher Spinnenseide machen**

Link

www.fiberlab.de



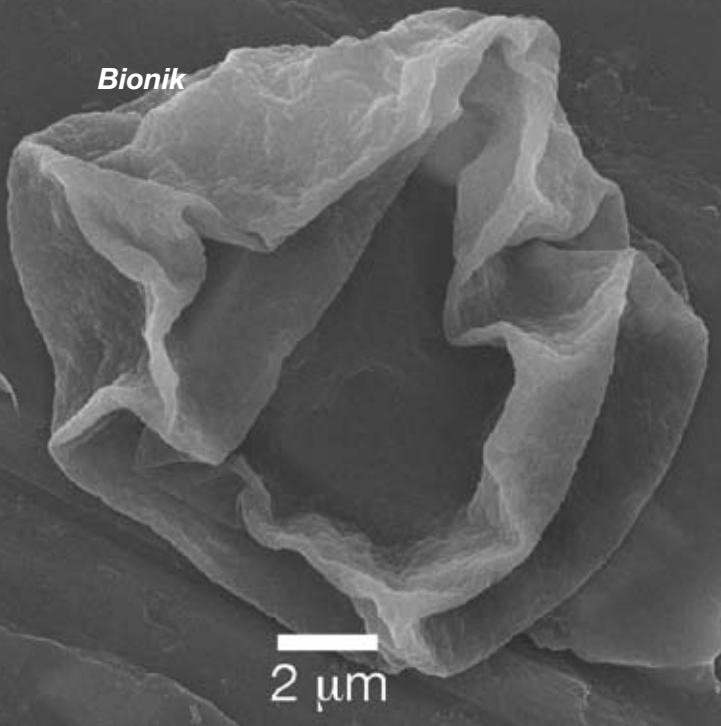
Thomas Scheibel stellt mit seiner Forschungsgruppe Fiberlab an der TU München künstliche Spinnenseide her. Von dem Biomaterial verspricht sich die Industrie seit langem Wunderdinge. Doch für kommerzielle Anwendungen gab es bislang nicht genug von dem Stoff. Das ändert sich jetzt

Thomas Scheibel ist einer der erfolgreichsten Wissenschaftler auf dem Gebiet der Proteinfasern. Er und seine Kollegen lernen von der Natur, entschlüsseln gleichsam deren Erfindungen und setzen sie in technische Anwendungen um. Zu Scheibels Meistertieren gehören Spinnen, genauer gesagt: die Seide, die sie produzieren. Es ist ein ganz besonderer Stoff – zugleich fester als Stahl und elastischer als Gummi. Nur so kann ein Spinnennetz die Wucht abfangen, mit der etwa ein Käfer im Flug aufprallt. Spinnenseide ist leicht und wasserfest, kann aber auch viel Wasser aufnehmen, ähnlich wie Wolle. Sie widersteht mikrobiologischen Angriffen und ist doch biologisch abbaubar. Mit diesen Eigenschaften ist der Spinnenfaden jeder Hightechfaser überlegen, die sich Menschen bisher ausgedacht haben. Stoffe wie Nylon oder Kevlar sind entweder stabil oder elastisch und in der Herstellung alles andere als umweltfreundlich.

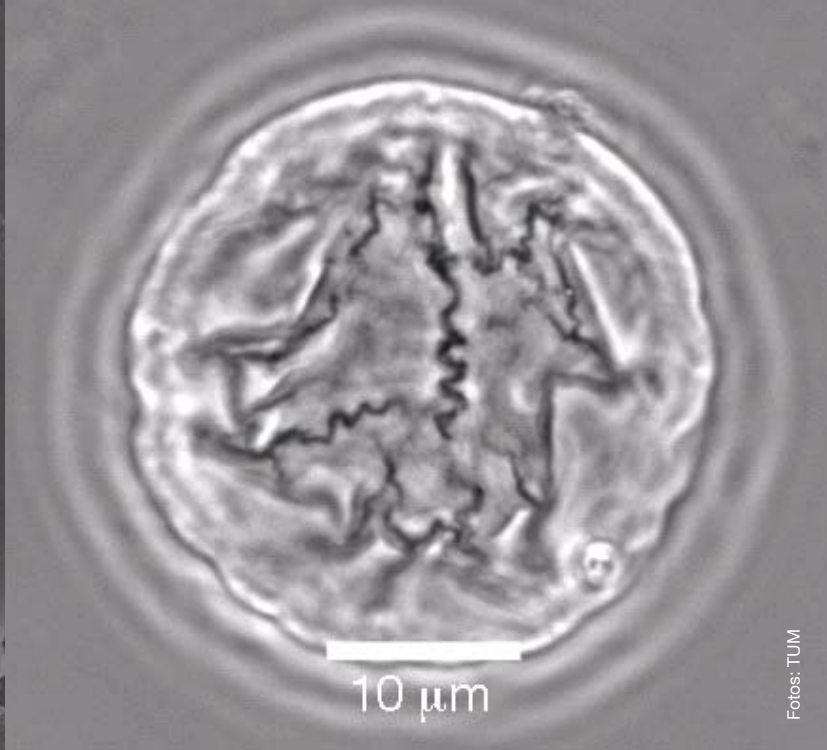
„Wir machen's, weil es kein anderer kann!“

Kein Wunder also, dass die einzigartige Naturfaser Forschung und Industrie keine Ruhe lässt. Man träumt davon, aus ihr die Stoffe der Zukunft zu weben: feuerfeste Kleidung, kugelsichere Westen, Fallschirmschnüre. Gelingt es, den Baustoff in großen Mengen herzustellen, sind diese und viele weitere Anwendungen denkbar. Eine Herausforderung nach dem Geschmack von Scheibel. Danach gefragt, warum er sich in den Kopf gesetzt hat, synthetische Spinnenseide herzustellen ▶

Die künstlich hergestellte Spinnenseide liegt nach der Produktion in Pulverform vor. Um den begehrten Seidenfaden oder andere Formen aus Seide zu erhalten, sind weitere Schritte notwendig



Elektronenmikroskopische Aufnahme einer getrockneten leeren Mikrokapsel aus Spinnenseide

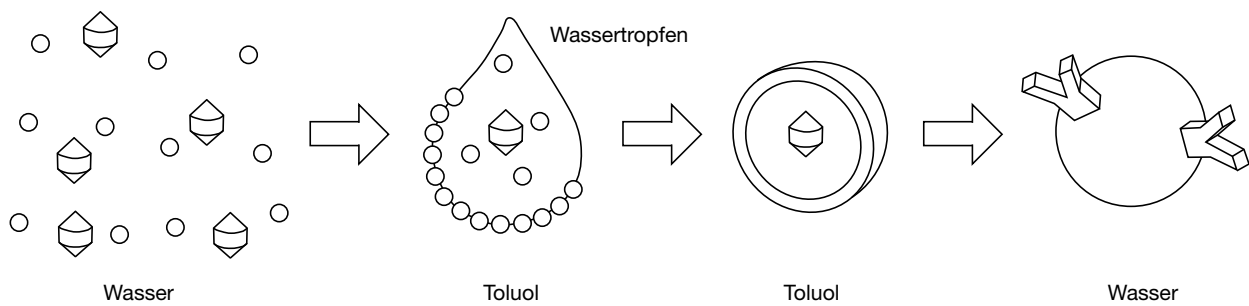


Elektronenmikroskopisches Bild einer gelösten Mikrokapsel: Die Kapseloberfläche verhält sich wie ein hauchdünner Seidenfilm

Fotos: TUM

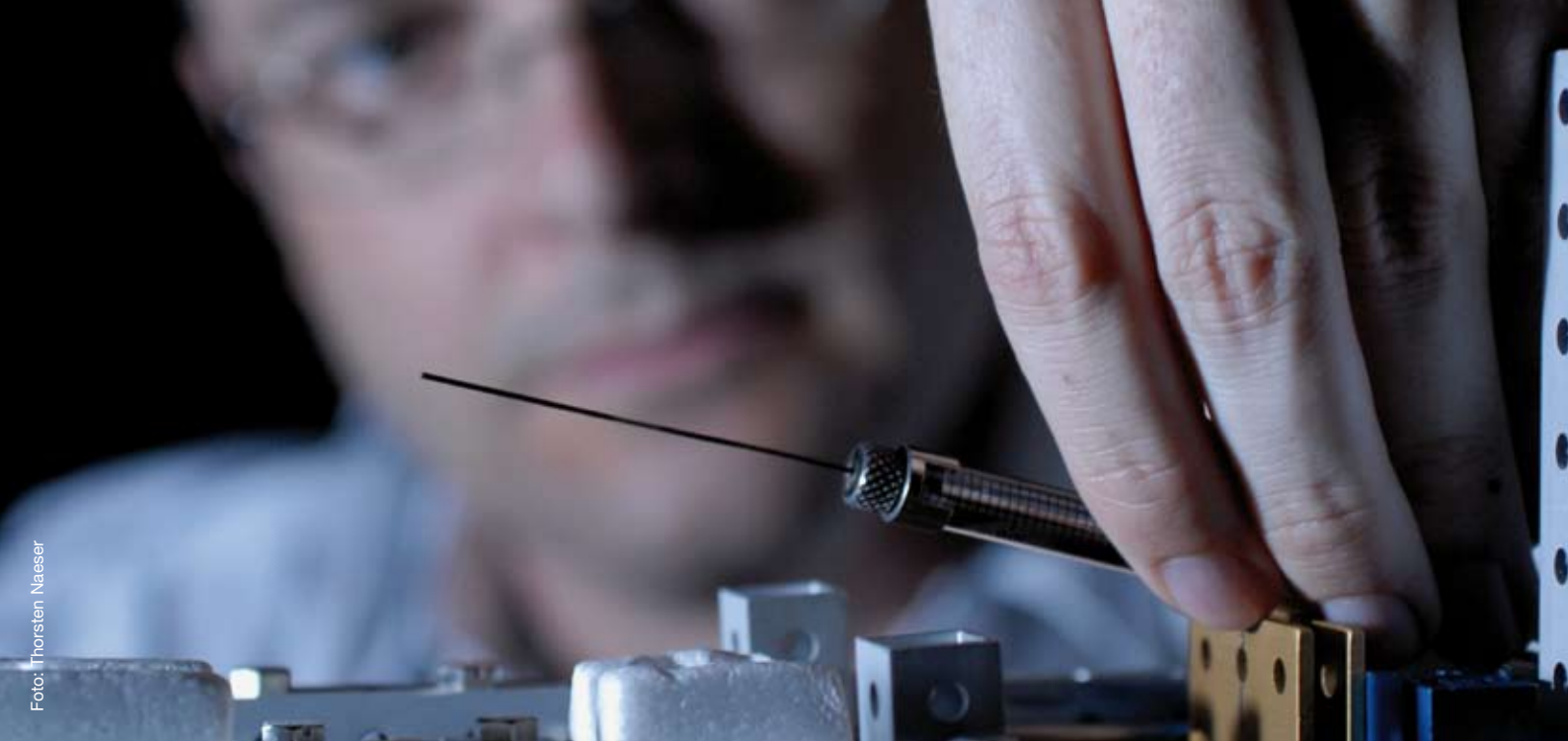
len, sagt er knapp: „Weil es kein anderer kann.“ Die Süddeutsche Zeitung nannte den 38-jährigen gebürtigen Regensburger den „Spinn-Doktor“ und verglich ihn mit Spider-Man – dem einzigen Menschen außer ihm, der Spinnenfäden herzustellen vermag. Scheibel teilt sich mit seinem Team ein bescheidenes Büro auf dem Campus der TU München in Garching. An der Wand hängt ein Eishockeytrikot, auf dem ein großes Spinnennetz prangt. „Das sind die Spiders Regensburg. Die spielen,

glaube ich, in der fünften Liga“, sagt Scheibel. Er selbst gehört zur Weltspitze: Bereits im Forscherparadies USA angekommen, nahm er 2001 einen Ruf aus der Heimat an und wechselte von der University of Chicago an die TU München. „Ich will mit Spinnenseide arbeiten, habe ich damals gesagt, und bin damit bei den Kollegen auf eine Mischung aus Begeisterung und Skepsis gestoßen“, erzählt er. „Gemeinsam mit einem Doktoranden habe ich im Fiberlab angefangen. Inzwischen haben wir



○	Spinnenseide	⬡	Wirkstoff	⌘	z.B. Antikörper
<p>Die Spinnenseidenproteine werden gemeinsam mit Wirkstoffmolekülen in Wasser gelöst. Werden nun Tropfen einer solchen Lösung in ein organisches Lösungsmittel wie z. B. Toluol gegeben, bildet sich an der Phasengrenze zwischen den beiden Lösungsmitteln umgehend ein dünner Film aus Spinnenseide. Anschließend kann die nun geschlossene Mikrokapsel wieder in ein</p>			<p>wässriges Milieu gegeben werden, denn die Kapsel ist jetzt stabil und die Seidenproteine lösen sich nicht wieder auf. In weiteren Verarbeitungsschritten kann die Kapseloberfläche mit verschiedenen Antikörpern oder Signalmolekülen verbunden werden, die einen gerichteten Transport des verkapselten Wirkstoffs an den gewünschten Ort ermöglichen.</p>		

Grafik: edlundsepp nach Vorgaben TUM



Mit dem an der TU München entwickelten Spinnapparat-Prototyp können meterlange Seidenfäden gesponnen werden. Er verarbeitet das Material, das sich nach einer Gefriertrocknung in Pulverform aufbewahren lässt und zur Verarbeitung aufgelöst werden kann

elf Patentanmeldungen und genauso viele Mitarbeiter.“ Weg von der Grundlagenforschung im Elfenbeinturm, strikt anwendungsorientiert und industrienah arbeiten – das ist die Maxime seines Teams. Seit seine Erfolge Schlagzeilen machen, wird Scheibels Gruppe mit Anfragen aus der Wirtschaft überhäuft. Wenn er nicht gerade um die Welt reist, um seine bahnbrechenden Ideen vorzustellen, sitzt er in dem Garchingener Büro fast Rücken an Rücken mit einem seiner Postdocs Lin Römer.

Bakterien ersetzen Spinnen

Der Biochemiker ist inzwischen auch so etwas wie Scheibels Pressesprecher. Sein eigentlicher Job ist es aber, über die mit der TU München geplante Ausgründung AMSilk die Spinnenseidentechnologie in Produkte umzusetzen, während Scheibel die Technologie weiterentwickelt. Römer sagt: „Wir sind in der komfortablen Situation, dass wir uns von Industrieprodukten inspirieren lassen können.“ Angefangen hat alles mit dem künstlichen Spinnenfäden.

Spinnen sind Kannibalen, also für die Haltung in größeren Gruppen ungeeignet. Außerdem müsste man schon sehr viele Spinnen haben, um für den Menschen verwertbare Mengen ihrer Seide zu gewinnen. Es bleibt nur eins: den Stoff künstlich herzustellen. Scheibel untersuchte das Erbgut unserer heimischen Gartenkreuzspinne und das der mittelamerikanischen Goldenen Radnetzspinne und lüftete so 2001 das Geheimnis wichtiger Seidenbausteine. Dem Fiberlab ge-

Bionik	Definition
<p>Bioniker lernen von der Natur. Die Forscher an der Grenzlinie zwischen Technik und Biologie wollen mit gezieltem Design erreichen, wozu die Evolution Jahrmillionen benötigte. Griff die Bionik bisher lediglich einzelne Phänomene aus der Natur heraus und ahmte sie technisch nach, geht es heute vor allem darum, die Natur zu verstehen, ihre „Erfindungen“ zu entschlüsseln und in technische Anwendungen umzusetzen. Dieser Ansatz wird Biomimetik genannt.</p>	

lang es, aus den entschlüsselten Grundbausteinen der Seidenproteine Gensequenzen zu kombinieren, die sich in Kolibakterien einpflanzen lassen. Als weltweit erster Wissenschaftler kann Scheibel damit Spinnenseide in größeren Mengen künstlich herstellen. Ähnlich der Insulingewinnung lässt sich nun mit Bakterien eine Produktionslinie aufbauen. „Die Kolibakterien sind leicht zu kultivieren und lassen sich mit verschiedenen Seidengenen ausstatten, je nach den gewünschten Eigenschaften des Endprodukts“, sagt Scheibel.

Ein Gramm in zwei Tagen

Zwei Liter der Bakterien erzeugen in zwei Tagen ein Gramm Seidenproteine. Die Seidenproteine werden zur Weiterverarbeitung von den übrigen Bestandteilen der Bakterien getrennt. Das Material lässt sich nach einer Gefriertrocknung in Pulverform aufbewahren und kann bei Bedarf wieder aufgelöst werden. Die Forscher ▶



Ein Wunderwerk der Natur: Die einzigartigen Eigenschaften der Spinnenseide ermöglichen es, Kunstwerke von ungeahnter Zartheit und gleichzeitig Robustheit herzustellen. Noch blicken Konstrukteure neidisch auf die physikalischen Fähigkeiten, die Spinnennetze bieten

haben im Fiberlab einen Spinnapparat gebaut, mit dem aus dieser Seidenlösung meterlange Fäden hergestellt werden können. Für seine Leistungen bekam Scheibel zahlreiche Auszeichnungen und Preise, unter anderem 2006 den Innovations-Anerkennungspreis des Bayerischen Ministerpräsidenten. Kürzlich gehörte Scheibel zu den Siegern des hochdotierten Ideenwettbewerbs „Bionik – Innovationen aus der Natur“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

Arzneikapseln aus Spinnenseide

Auch Scheibels jüngstes Experiment ist ein Erfolg. Gemeinsam mit Biophysikern um Professor Andreas Bausch ist es an der TU München gelungen, Spinnenseidenproteine als Material zur Verkapselung von Wirkstoffen einzusetzen. Scheibel erklärt: „Einkapselungsprozesse nutzt man, wenn zum Beispiel Medikamente im menschlichen Körper präzise an ein Ziel gesteuert werden sollen. Die Spinnenseidenproteine sind hervorragend als Schutzhülle geeignet, denn sie sind immunologisch unsichtbar, lösen also im Körper keine Abwehrreaktionen aus.“

Das von den Münchener Forschern entdeckte Prinzip ist einfach: Die Proteinmoleküle werden mit dem zu verpackenden Wirkstoff in einem Wassertröpfchen gelöst. Dann emulgiert man die Tröpfchen, zum Beispiel in Toluol. Zwischen den beiden Phasen entsteht eine Grenzfläche. Weil sie sowohl in Wasser als auch in Toluol löslich sind, wandern die Seidenproteine an diese Phasengrenze und bilden dort einen hauchdünnen Film, nur wenige Nanometer dick. Fertig ist die Mikrokapsel. Römer sagt: „Die gesamte Reaktionszeit beträgt nur wenige Sekunden. Aus Spinnenseidenproteinen bestehende Mikrokapseln sind hochelastisch und können kaum osmotisch schwellen. So platzen die Kügelchen nicht an ungewollter Stelle mitten im Körper und setzen ihren Wirkstoff frei.“ Ihr Ziel finden die Kapseln, indem

an sie Signalmoleküle, etwa Antikörper, angebunden werden, die zum Beispiel Krebszellen erkennen. Das Freisetzen der transportierten Substanz erfolgt durch natürliche Enzyme, die die Schutzhülle abbauen.

Viele Möglichkeiten mit dem Stoff der Zukunft

Die biomimetischen Seidenmaterialien aus dem Fiberlab eröffnen viele Einsatzmöglichkeiten – nicht nur zum Medikamententransport, sondern auch für den Zusatz von Vitaminen, Geschmacksstoffen und Düften in Lebensmitteln. Neben den Spinnenfäden und Mikrokapseln können die Biotechniker der TU München auch weitere Zustandsformen erzeugen, etwa transparente Folien für Oberflächenbeschichtungen, die nur wenige hundert Nanometer dick sind, oder Hydrogele für die Kosmetik. Für die Medizintechnik bieten sich unter anderem Membranen zur sauerstoffdurchlässigen Wundabdeckung und besonders kleine chirurgische Fäden an, die bei Augenoperationen und in der Neurochirurgie benötigt werden.

Bevor die Produkte aus Scheibels Labor einsatzreif und kommerziell nutzbar sind, braucht es noch weitere Forschungsarbeit. Auch bis tatsächlich Wirkstoffe in Mikrokapseln durch unsere Körper fließen, wird noch einige Zeit vergehen, sagen die Forscher aus dem Fiberlab – nicht zuletzt wegen der langwierigen Zulassungsverfahren für medizintechnische Produkte. Die Biotechniker haben jedenfalls viel von der Natur gelernt. Inzwischen sind sie beinahe so gute Spinner wie die Spinnen selbst. Doch anders als ihre tierischen Vorbilder sind sie Teamarbeiter. Scheibel betont: „Unsere Erfolge beruhen auf der Zusammenarbeit zwischen Biochemikern, Physikern, Chemikern, Biologen und Ingenieuren. Wir müssen bei unserer Arbeit den Mut haben, uns zwischen den klassischen Wissenschaftsfeldern zu bewegen, über den Tellerrand des eigenen Fachs hinauszuschauen.“

Karsten Werth