

2010 – Nr. 08
12. Mai 2010

Gemeinsame Pressemitteilung der Universität Bayreuth und der Technischen Universität München

Entscheidender Schritt des Spinnvorgangs aufgeklärt: Wie spinnst die Spinne?

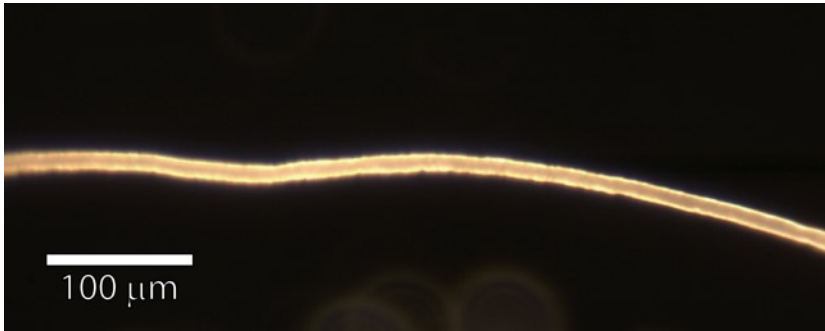
Fünffmal so reißfest wie Stahl und dreimal so fest wie die derzeit besten synthetischen Fasern: Spinnenseide ist ein faszinierendes Material. Doch niemand kann bisher die Super-Fäden technisch herstellen. Wie schafft es die Spinne, aus den im Inneren der Spinndrüse gespeicherten Spinnenseidenproteinen in Sekundenbruchteilen lange, hochstabile und elastische Fäden zu ziehen? Diesem Geheimnis sind Wissenschaftler der Universität Bayreuth (UBT) und der Technischen Universität München (TUM) nun auf die Spur gekommen. In der aktuellen Ausgabe des renommierten Wissenschaftsjournals *Nature* stellen sie ihre Ergebnisse vor.

„Die hohe Elastizität und extreme Reißfestigkeit der natürlichen Spinnenseide erreichen selbst Fasern aus reinem Spinnenseiden-Protein bisher nicht,“ sagt Professor Horst Kessler, Carl-von-Linde-Professor am Institute for Advanced Study der TU München (TUM-IAS). Daher ist eine Schlüsselfrage bei der künstlichen Herstellung stabiler Spinnenseide-Fäden: Wie schafft es die Spinne, das Rohmaterial in der Spinndrüse in hoher Konzentration bereit zu halten und bei Bedarf in Bruchteilen einer Sekunde daraus einen reißfesten Faden zu ziehen? Professor Thomas Scheibel, Inhaber des Lehrstuhls Biomaterialien der Universität Bayreuth, bis 2007 an der TU München tätig, ist dem Geheimnis der Spinnenseiden seit einigen Jahren auf der Spur.

Spinnenfäden bestehen aus Eiweißmolekülen, langen Ketten, die aus Tausenden von Aminosäure-Bausteinen aufgebaut sind. Röntgenstreuungsexperimente zeigen, dass sich im fertigen Faden Bereiche befinden, in denen mehrere Eiweißketten über stabile physikalische Bindungen miteinander vernetzt sind. Sie bewirken die Stabilität. Dazwischen befinden sich unvernetzte Bereiche, sie sind für die hohe Elastizität verantwortlich.

In der Spinndrüse herrschen ganz andere Verhältnisse: In einer wässrigen Umgebung lagern hier die Seiden-Proteine in hoher Konzentration und warten auf ihren Einsatz. Die für die festen Quervernetzungen verantwortlichen Bereiche dürfen sich dabei nicht zu nahe kommen, da sonst die Eiweiße augenblicklich verklumpen würden. Es musste also eine Art Speicherform dieser Moleküle geben.

Die sonst so erfolgreiche Röntgenstrukturanalyse konnte zur Aufklärung nichts beitragen, da sie nur Kristalle analysieren kann. Bis zu dem Moment, an dem der feste Faden entsteht, spielt sich jedoch alles in Lösung ab. Die Untersuchungsmethode der Wahl war



Mikroskopaufnahme einer Faser bestehend aus dem künstlichen Spinnseidenprotein eADF4(C16).

© John G. Hardy, 2010, Universität Bayreuth.

Bild zum Download:

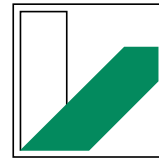
www.uni-bayreuth.de/blick-in-die-forschung/08-2010-Bilder/Faser-aus-rekombinanter-Spinnseide.jpg

daher die Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie (NMR). An den Geräten des Bayerischen NMR-Zentrums gelang es dem Biochemiker Franz Hagn aus der Arbeitsgruppe von Horst Kessler, die Struktur eines Regulationselements aufzuklären, das für die Bildung des festen Fadens verantwortlich ist. Zusammen mit Lukas Eisoldt und John Hardy aus der Gruppe von Thomas Scheibel konnte darüber hinaus die Wirkungsweise dieses Regulationselements aufgeklärt werden.

„Unter den Speicherbedingungen in der Spinnrinne sind immer zwei dieser Regulationsbereiche so miteinander verknüpft, dass die quervernetzenden Bereiche beider Ketten nicht parallel zueinander liegen können,“ erläutert Thomas Scheibel die Ergebnisse. „Die Vernetzung ist damit wirkungsvoll unterbunden.“ Die Eiweißketten lagern sich dann so zusammen, dass polare Bereiche außen sind und die Wasser abweisenden Teile der Kette innen. Dies stellt die gute Löslichkeit in der wässrigen Umgebung sicher.

Gelangen die so geschützten Proteine in den Spinnkanal, finden sie dort eine völlig andere Salzkonzentration und -zusammensetzung vor. Die beiden Salzbrücken der Regulator-domäne werden dadurch instabil und die Kette kann sich entfalten. Durch die Strömung im engen Spinnkanal treten zudem starke Scherkräfte auf. Die langen Eiweißketten werden parallel zueinander ausgerichtet, und nun liegen auch die für die Quervernetzung verantwortlichen Bereiche direkt nebeneinander. Ein stabiler Spinnseidenfaden entsteht.

„Unsere Ergebnisse haben gezeigt, dass der von uns entdeckte molekulare Schalter am C-terminalen Ende der Eiweißkette sowohl für die sichere Lagerung als auch für den Faserbildungsprozess von entscheidender Bedeutung ist,“ sagt Franz Hagn. Eine wichtige Grundlage für diese Ergebnisse schuf eine Kooperation der Arbeitsgruppe um Thomas Scheibel mit dem Team von Professor Bausch am Physik-Department der TUM. Dort wurde ein künstlicher Spinnkanal in Mikrosystemtechnologie entwickelt. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen arbeiten die Bayreuther Wissenschaftler inzwischen im Rahmen eines BMBF-Verbundprojektes zusammen mit Industrieunternehmen mit Hochdruck an der Entwicklung eines biomimetischen Spinnapparates. Anwendungen gäbe es viele, vom resorbierbaren Nahtmaterial für Operationen bis hin zu technischen Fasern für den Automobilbereich.



Die Arbeiten wurden unterstützt durch Bereitstellung von Messzeit am bayerischen NMR-Zentrum, durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), den Exzellenzcluster Center for Integrated Protein Science Munich (CIPSM) sowie durch das Institute for Advanced Study der TU München, an dem Horst Kessler nach seiner Emeritierung als Senior Fellow arbeitet. Franz Hagn wird gefördert vom Bayerischen Elitenetzwerk Complt, Mitautor John G. Hardy von der Alexander von Humboldt Stiftung.

Original-Publikation:

A conserved spider silk domain acts as a molecular switch that controls fibre assembly, Franz Hagn, Lukas Eisoldt, John G. Hardy, Charlotte Vendrely, Murray Coles, Thomas Scheibel, Horst Kessler
Nature, 13. Mai 2010, DOI: 10.1038/nature08936

Hintergrundinformationen:

Biomimetische Herstellung von Spinnenseidenproteinen und Seidenfasern
(Prof. Dr. Thomas Scheibel, Univ. Bayreuth, Lehrstuhl für Biomaterialien, ehem. TU München)
www.fiberlab.de

NMR-Spektroskopische Untersuchungen von Proteinen und Peptiden, Bayerisches NMR-Zentrum (Prof. Dr. H. Kessler, TUM-IAS)
www.org.chemie.tu-muenchen.de/akkessler/

Forschungsarbeiten mit einer in Mikrosystemtechnik hergestellten künstlichen Spinnndrüse
(Physik-Department der TUM, Prof. Bausch)
www.e22.physik.tu-muenchen.de/bausch

Kontaktadressen für weitere Informationen:

Prof. Dr. Thomas Scheibel
Lehrstuhl Biomaterialien
Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften
Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30
D-95447 Bayreuth
Tel.: +49 (0) 921 / 55-7360
E-Mail: thomas.scheibel@uni-bayreuth.de

Prof. Dr. Horst Kessler
Institute for Advanced Study / Department Chemie
Technische Universität München
Lichtenbergstraße 4
D-85748 Garching
Tel.: +49 (0) 89 / 289 13300, Fax: +49 (0) 89 / 289 13210
E-Mail: horst.kessler@ch.tum.de