

WERKSTOFFFORSCHUNG

Polymerfäden, so stark wie Spinnweben

DR. THOMAS ISENBURG
PRODUKTION NR. 22, 2013

Spinnenseide ist so reißfest wie Stahl und dreimal fester als jede synthetische Faser. Nun haben Forscher der TU München ein Verfahren entwickelt, ein diesen Fäden ähnliches Material zu entwickeln.

LANDSBERG (BA). Kunststoffe, die die Eigenschaften von Metallen besitzen, stehen schon lange auf der Wunschliste der Werkstoffforscher. Aus der Natur kommt dafür eine Steilvorlage: die Spinnenseide. Die bisher ausschließlich von Spinnen abgesonderten Fäden sind fünfmal so reißfest wie Stahl und dreimal fester als die derzeit herstellbaren besten synthetischen Fasern.

Biotechnisches Verfahren für Erzeugung von Spinnenfäden

Nun haben Forscher der TU München und der Universität Bayreuth Einblick in die Vorgänge der Natur nehmen können, so dass sie inzwischen in der Lage sind, die Fäden mit den begehrten Eigenschaften synthetisch herzustellen.

Die nützlichen Eigenschaften der Spinnenfäden sind schon seit der Antike bekannt. Bereits Aristoteles wusste von ihrer positiven Wirkung bei der Wundaufliegung, wie Prof. Dr. Thomas Scheibel von der Universität Bayreuth, einer der Ideengeber des biotechnologi-

schen Prozesses zur Spinnenseidenherstellung, herausstreicht.

Seit den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts existierten immer wieder Versuche, das Material künstlich, also synthetisch, herzustellen. Zuletzt scheiterte Dupont mit einem Projekt, das 40 Mio US-Dollar verschlang und stellte die Forschungen zu dem Thema ein, denn die Herstellung größerer Mengen spinnenseideähnlichen Materials mit einer ansprechenden Technik gelang nicht.

Weltweit existieren weitere Anstrengungen, die begehrten Fasern synthetisch herzustellen. Eine der Tücken der Produktion beschreibt Prof. Scheibel folgendermaßen: „Die Monomerbausteine der Polymerketten sind Proteine und benötigen eine angemessene verfahrenstechnische Behandlung. Sie werden dann zu längeren Ketten verknüpft.“

Diesen Herausforderungen stand Prof. Dr. Thomas Scheibel im Jahr 2001 gegenüber. Sein Münchner Kollege Prof. Dr. Horst Kessler kam im Jahr 2008 zu dem Projekt hinzu. Mittlerweile konnten die



Die von Spinnen produzierten Fäden sind fünfmal so reißfest wie Stahl und dreimal fester als die derzeit hergestellten besten synthetischen Fasern.
Bild: TU München, Fotograf Naser

Biotechnologische Spinnenseidenfädenproduktion durch die Amsilk GmbH, ein Spin-Off der TU München.
Bild: Amsilk GmbH

beiden Forscher ein biotechnologisches Verfahren so optimierten, dass das gewünschte Material mit ausreichenden Ausbeuten aus leicht zugänglichen Stoffen produziert werden kann. Danach kann das Material zu Fäden, Folien, Fließstoffen oder Schäumen mit kunststofftechnischen Verfahren verarbeitet werden.

Dr. Franz Hagn in der Arbeitsgruppe von Professor Horst Kessler an der TU München gelang es in Zusammenarbeit mit der Bayreuther Gruppe, die Strukturen der Endstücke der langen Eiweißketten aufzudecken. Er konnte die Rolle dieser Bausteine für die extreme Zugfestigkeit der Fäden im Detail charakterisieren. Die Natur nutzt hierbei zusätzliche Wechselwirkungen zwischen den Enden der Polymerketten, welche die Synthese-Chemiker bislang nicht kannten. „Die einzelnen Spinnenseiden-Moleküle sind im Seidenfaden auf raffinierte Weise miteinander verknüpft“, ist Kesslers Antwort auf die Frage, warum die Fäden eine derart hohe Stabilität aufweisen.

Mit den neuen Erkenntnissen zur Rolle der Polymer-Endstücke wurde nun die biotechnologische Herstellung der Spinnenseide-Fasern optimiert. Zur Herstellung und Vermarktung hat die TU München als Spin-Off die Amsilk GmbH



gegründet. Diese stellt das Produkt unter dem Namen Biosteel her. Es seien Anwendungen für technische Hochleistungstextilien, Sportartikel, medizinische Textilien, chirurgische Fäden, Gewebetragertextilien und Wundauflagen

Noch keine Alternative zu Carbonfasern

möglich. Eine Anwendung in der Medizintechnik könnte die Anwendung des Material in Arzneykapseln sein.

Der Privatdozent Dr.-Ing. Gunnar Seidel ist Bereichsleiter für Chemiefasertechnologie am Institut für Textiltechnik (ITA) der RWTH Aachen. Auch er zeigt sich beeindruckt von den Eigenschaften: Hohe Reißfestigkeit und Dehnbarkeit, chemische Modifizierbarkeit, geringe Dichte und Biokompatibilität.

Anwendungen bei den faserverstärkten Kunststoffen sieht er jedoch noch nicht, weil die Dehnbarkeit zu hoch ist. Wirtschaftlich betrachtet sei es eine Frage der Produktionsmenge, was die Fasern letztlich kosten. Eine Alternative zu den stark unter Preisdruck stehenden Carbonfasern sei Spinnenseide aus seiner Perspektive daher aktuell nicht. Viel mehr prognostiziert er wegen der hohen Wertschöpfung Anwendungen in der Medizintechnik. Seine Kollegen aus Bayern zur forschenden Leistung beglückwünschend, sieht er in der neuen Technologie eine große Bereicherung durch die nun erreichte Verfügbarkeit von Spinnenseide in größerem Maßstab. Die Zukunft der Chemiefasertechnologie in Hochlohnländern liege nicht in der Tonnage, sondern in der Wertschöpfung, die über die Eigenschaften entsteht.



Prof. Dr. Horst Kessler und Dr. Franz Hagn am 900 MHz-NMR-Spektrometer, mit dem wesentliche Messungen zur Aufklärung der Struktur der Spinnenseiden durchgeführt wurden. Mit ihm konnte die Ursache für die besondere Stabilität der Fäden ermittelt werden.

Bild: TU München, Dr. Andreas Battenberg

KUNSTSTOFFE

Leistungsstarke Batterien aus Schwefelabfällen

PRODUKTION NR. 22, 2013

Wissenschaftler der Universität Hamburg, aus den USA und Südkorea haben in einer gemeinsamen Forschungsarbeit einen chemischen Prozess entdeckt, mit dem sich ein neuer Kunststoff aus dem preiswerten und im Überfluss vorhandenen Element Schwefel herstellen lässt.

HAMBURG (BA). Die Herstellung des neuen Kunststoffes, den das Team als ‚inverse Vulkanisation‘ bezeichnet, benötigt überwiegend elementaren Schwefel und kleine Mengen eines Additivs. Die Vulkanisation ist ein chemischer Pro-

Einsatz in verbesserten Batterien für Elektroautos

zess, in dem Kautschuk mit geringen Mengen Schwefel zur Reaktion gebracht und so beständiger wird, damit dieser etwa in Gummireifen eingesetzt werden kann. Elementarer Schwefel entsteht als Abfall-

produkt bei der Benzin-Raffination aus fossilen Brennstoffen. Die so produzierten Mengen Schwefel übertreffen den gegenwertigen Bedarf bei weitem. Einige Raffinerien häufen gigantische gelbe Berge an Schwefelabfall an. „Es gibt so viel davon, dass wir nicht wissen, was wir damit anfangen können“, sagt Prof. Jeffrey Pyun von der Universität Arizona.

Der Kunststoff erhielt den wissenschaftlichen Namen ‚inverse-vulkanisierte Schwefelpolymere‘. Er kann in verbesserten Batterien etwa für elektrische Fahrzeuge Anwendung finden. Aus ihm wurden



bereits erfolgreich Lithium-Schwefel Batterien mit beachtlichen spezifischen Kapazitäten hergestellt, die mindestens um das Fünffache leistungsfähiger als die derzeit verwendeten Batterien sind. „Die nächste Generation von Lithium-

Schwefel Batterien wird durch das neue chemische Verfahren Verbesserungen für elektrische und Hybrid-Fahrzeuge bieten, da die Batterien sehr viel effizienter, leichter und insbesondere preiswerter sein werden. Und der Kunststoff kann

Raffinerien häufen meterhohe Mengen ungenutzten Schwefelabfalls an. Diese lassen sich nutzen, um Kunststoff herzustellen.
Bild: The Library of Congress

einfach und preiswert im industriellen Maßstab hergestellt werden“, so Prof. Dr. Patrick Theato vom Fachbereich Chemie der Universität Hamburg.

In einem nächsten Schritt wollen die Wissenschaftler die Eigenschaften des neuen Kunststoffes mit etablierten Kunststoffen vergleichen, modifizierte Varianten des Kunststoffes herstellen und andere praktische Anwendungsgebiete sondieren.

Das internationale Team berichtet aktuell in der Zeitschrift Nature Chemistry über die Herstellung und Anwendung des neuen Kunststoffes aus Schwefel. Die Veröffentlichung ist zu finden unter: <http://dx.doi.org/10.1038/nchem.1624>