

Künstliche Spinnenseide

Spinnenseide ist ein seit Jahrtausenden vom Menschen begehrtes Material. Bereits in der Antike diente sie aufgrund ihrer entzündungshemmenden und antiallergenen Eigenschaften als Wundverband für Hautverletzungen. Zudem zeichnet sie sich durch ihre extreme mechanische Belastbarkeit aus. Darin übertrifft sie, je nach Fadenart, alle derzeit bekannten synthetischen Fasern, wie z.B. Nylon, Kevlar oder auch Kohlefasern. Bisher ist natürliche Spinnenseide jedoch aufwendig in der Gewinnung und daher teuer. Eine langfristig günstigere Alternative könnte die Produktion künstlicher Spinnenseide darstellen, die mit Hilfe der Erkenntnisse aus Biotechnologie und Genetik schon in prototypischen Kleinanlagen hergestellt werden konnte. Die großtechnische industrielle Produktion von Spinnenseide wird jedoch frühestens in einigen Jahren möglich sein.

Spinnenseide kann als eine Art Kompositmaterial bezeichnet werden, welches hauptsächlich aus Proteinen aufgebaut ist. Je nachdem von welcher Spinne sie stammt und welche Funktion sie erfüllt, variiert sie in ihrer Chemie und Struktur. So gibt es beispielsweise unterschiedliche Seiden für Kokons, Netze oder Abseilfäden. Die Struktur der Proteine ist dabei entscheidend. Seide, deren Proteine hauptsächlich faltblattartig zusammen gelagert sind, ist tendenziell sehr stabil und unflexibel. Seide hingegen, deren Proteine vornehmlich spiralförmig zusammen gelagert sind, hat einen deutlich höheren elastischen Anteil. Das Mischungsverhältnis der enthaltenen Proteine entscheidet schließlich über die makroskopischen Eigenschaften der Seide. Eines der bekanntesten Beispiele für den Einsatz verschiedener Seiden sind die natürlichen Radnetze, die dem Beutefang der Spinnen dienen. Sie enthalten im Wesentlichen zwei Seidenarten. Die Rahmenkonstruktion und die Speichen der Netze bestehen aus einer sehr stabilen Art, die wenig dehnbar ist. Die Fangspiralen, die zwischen der Rahmenkonstruktion aufgespannt sind, bestehen hingegen aus einer extrem dehnbaren und trotzdem reißfesten Seide.

Zur biotechnologischen Produktion künstlicher Spinnenseide gibt es verschiedene An-

sätze. In jedem Fall werden die relevanten Seidenproteingene der Spinnen in andere Organismen eingeführt und dort exprimiert, d.h. abgerufen. Diese sogenannten transgenen Organismen sind damit in der Lage, Spinnenseidenproteine zu produzieren. Neben Bakterien und Hefen wurden dafür bereits Pflanzen-, Säuger- oder Insektenzellen genutzt bzw. angedacht.

Die Einführung von natürlichen Spinnengenen beispielsweise in Bakterien führt jedoch zu einer ineffizienten Produktion von Spinnenseidenproteinen, da manche Abschnitte auf den Spinnengenen, sogenannte Codons, nicht effizient von den Bakterien „gelesen“ werden können. Daher wurden mit Hilfe von Klontechniken künstliche Gene erzeugt, die an den jeweiligen Wirt (hier z.B. Bakterien) angepasst sind. Durch ein solches Designen von Genen kann die Ausbeute an Spinnenproteinen verbessert werden. Zudem können dadurch Proteine und somit Seiden individuell maßgeschneidert werden, um z.B. eine verbesserte Festigkeit oder Flexibilität zu erreichen. Dabei entsteht schließlich die sogenannte rekombinante Spinnenseide. Verschiedene Ansätze versuchen zudem, die Eigenschaften der Spinnenseide durch Einlagerung von Metallatomen weiter zu verbessern. So erwiesen sich mit Metallen infiltrierte Seidenfäden in ersten Versuchen um den Faktor 10 belastbarer, gleichzeitig aber auch dehnbarer als die Versionen ohne metallische Einlagerungen.

Die eigentlichen Seidenfäden werden von der Spinne in ihrer Spinndrüse aus den Seidenproteinen hergestellt. Dabei wird der Proteinlösung u.a. schrittweise Wasser entzogen, sodass sich die wasserabweisenden Abschnitte der Proteine zusammenlagern. Weiterhin wird die Fadenbildung durch die Scherkräfte unterstützt, die beim „Herausziehen“ des Fadens entstehen. Entsprechend müssen auch die künstlich hergestellten Seidenproteine noch zu nutzbaren Anwendungsformen weiter verarbeitet werden. Das ist die wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung von Produkten aus künstlicher Spinnenseide. Angedacht ist die Herstellung von Seidenproteinfilmen und -kugeln, Nano- und Mikrofasern,

Schäumen oder Gelen, aus denen dann nutzbare Materialien erzeugt werden können. Gerade die Herstellung von Fäden aus künstlicher Spinnenseide stellt eine besondere Herausforderung dar und wird derzeit in ersten Pilotanlagen realisiert.

Das Anwendungspotenzial für Materialien aus und mit Spinnenseide wird grundsätzlich als sehr hoch angesehen. Es ist zu erwarten, dass in erster Linie im Bereich der biomedizinischen Materialien Produkte erhältlich sein werden. So ist der Einsatz von Spinnenseide beispielsweise im Bereich der Wundabdeckung, als Operationsfäden, bei der Herstellung von künstlichen Knorpeln und Sehnen, medizinischen Tapes oder chirurgischen Netzen denkbar.

Weitere Anwendungsfelder sind bei der industriellen Herstellung von kommerziellen Produkten wie Textilien, Kosmetika, Taschen, Seilen oder Klebmaterialien denkbar. Auch könnten Spinnenseiden prinzipiell als Oberflächenbeschichtungen eingesetzt werden, um so Automobil- und Flugzeugteile zu veredeln, Lederprodukte zu schützen oder Papier zu verstärken.

Ein äußerst interessantes Feld könnte zudem die Optimierung von ballistischer Schutzkleidung sein. Gerade hier könnten neue Konzepte, die Spinnenseide mit einbeziehen, möglicherweise leichtere und flexiblere Alternativen zu den gängigen Materialien darstellen. Hier wäre eine Kombination von Spinnenseide und Keramiken denkbar. Auch zur Herstellung von Fallschirmen könnte sich Spinnenseide eignen. Mit Hilfe von künstlicher Spinnenseide könnten diese Materialien zukünftig bezahlbar werden.

Das Marktpotenzial für künstliche Spinnenseide erscheint also sehr groß. Mit Hilfe von biotechnologischen Methoden können im Idealfall rekombinante Spinnenseiden mit angepassten und im Vergleich zu den natürlichen Varianten noch verbesserten Funktionen für die unterschiedlichsten Anwendungsfelder generiert werden. Erste Produkte sind in der Kommerzialisierungsphase und könnten daher in etwa drei bis fünf Jahren in Form von medizinischen und technischen Faserprodukten auf den Markt kommen.

Dr. Anna Julia Schulte