

Spinnenseiden-Proteine

Franziska Spahn, SS 08; Andrea Setzke, SS 12

Gliederung

1	Spinnen-Seide	2
1.1	Voraussetzungen für einen erfolgreichen Beute-Fang	2
1.2	Eigenschaften der Spinnen-Seide	2
2	Proteine der Spinnen-Seide	3
2.1	Aufbau von Proteinen	3
2.1.1	Primär-Struktur	3
2.1.2	Sekundär-Struktur	4
2.1.3	Tertiär-Struktur	4
2.1.4	Quartär-Struktur	4
2.2	Aufbau von Spinnenseiden-Proteinen	5

Einstieg 1: Seide – Ein vielfältiges Material

„Ausgedehnte Erfahrungen mit Schussverletzungen im Zivilleben haben mir in den letzten Jahren Fälle zur Kenntnis gebracht, welche die bemerkenswerte Zähigkeit von Seidenfasern und deren Widerstandsfähigkeit gegen das Durchschlagsvermögen einer Kugel belegen.“ [1] 1887, Wundarzt George Emroy Goodfellows, Arizona

Schilderungen eines Arztes, der in den End-Zeiten des Wilden Westens besondere Fähigkeiten von Seiden-Tüchern beobachtet hat. Er beschrieb verschiedene Vorfälle bei denen durch Schüsse verursachte Verletzungen am Bluten gehindert wurden und sogar der Tod durch ein Seiden-Tuch vermieden wurde.

Schon damals wurden die besonderen Fähigkeiten von Seide erkannt. Bis heute ist bekannt, dass die Seide der Spinnen noch erstaunlichere Eigenschaften aufzuweisen hat.

Einstieg 2: Spinnen - Zweierlei Betrachtungsweisen

Werden Spinnen in Gesprächen thematisiert, kommt bei vielen Menschen ein Gefühl des Ekels auf. Vor allem Frauen haben diese Ansicht verinnerlicht und empfinden Spinnen als abstoßend oder haben sogar Angst vor ihnen. Hinzu kommen die störenden Netze in der Wohnung. Jedoch haben diese Menschen wohl noch keine Spinne und deren Netze genauer betrachtet und herausgefunden, zu welchen Kunstwerken diese ungeliebten Tiere im Stande sind.

1 Spinnen-Seide

Im Laufe der Evolution haben sich Spinnen-Arten daran angepasst, fliegende Insekten zu fangen. Während dieser Entwicklung haben sich auch verschiedene Fang-Arten ausgebildet, unter anderem auch diejenige, Insekten mit Hilfe eines Netzes zu fangen. Hierfür muss ein Spinnen-Netz bestimmte Voraussetzungen erfüllen.

1.1 Voraussetzungen für einen erfolgreichen Beute-Fang

Um mit Hilfe eines Netzes erfolgreich Beute einfangen zu können sind verschiedene Eigenschaften nötig, die nicht jedes verwendete Material aufweisen kann.

- Das Netz darf beim Auffangen der Beute nicht reißen.
- Der Fang sollte die Beute nicht mechanisch beschädigen.
- Die Beute sollte nicht wieder aus dem Netz geschleudert werden.

Hierfür besitzen Spinnen die Fähigkeit, bis zu sieben verschiedene Seiden-Arten herzustellen und diese gezielt für verschiedene Bereiche des Netzes einzusetzen.

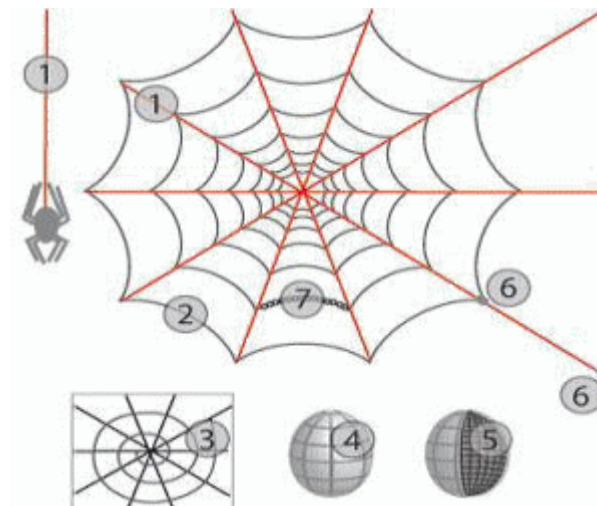


Abb. 1: Bestandteile eines Spinnen-Netzes.

1. Dragline-Seide (Abseilfaden, Speichen des Netzes)
2. Flagelliform-Seide (Fangspirale Befestigung)
3. Minor-ampulate-Seide (Hilfsspirale)
4. Tubuliform-Seide (Äußere Kokonhülle)
5. Aciniform-Seide (Innere Kokonhülle)
6. Piriform-Seide
7. Klebesubstanz.

1.2 Eigenschaften der Spinnen-Seide

Um all diese Voraussetzungen erfüllen zu können, muss der Faden enorme mechanische Fähigkeiten aufweisen. In einer Spinnenseiden-Faser müssen also hohe Stabilität und enorme Dehnbarkeit vereinigt werden. Einen Vergleich mit den heutzutage hergestellten Kunststoff-Fasern muss Spinnen-Seide nicht scheuen.

Material	Zugfestigkeit [GPa]	Bruchdehnung [%]	Belastbarkeit [MJ/m ³]
Abseil-Faden der Kreuz-Spinne	10		<
Fangspirale der Kreuz-Spinne	0,50	270	150
Seide der Seiden-Raupe	0,60	18	70
Gummi	0,05	850	100
Nylon	0,95	18	80
Kevlar 49	3,60	2,7	50

Mit einem Wert von 25.000 kg/cm² verfügt Spinnen-Seide über eine dreimal höhere Belastbarkeit als Kevlar und eine fünfmal höhere als Stahl. Zudem ist die Elastizität doppelt so hoch wie die von Nylon.

Diese Eigenschaften erklären, weshalb das Netz beim Auffangen der Beute weder reißt, noch die Beute beschädigt wird, wie es bei anderen Materialien der Fall wäre. Um die Beute nicht wieder davonzuschleudern, sondern festzuhalten, wird von der Spinne nachträglich ein Kleber auf die Fäden der Fangspirale aufgetragen.

2 Proteine der Spinnen-Seide

2.1 Aufbau von Proteinen

2.1.1 Primär-Struktur

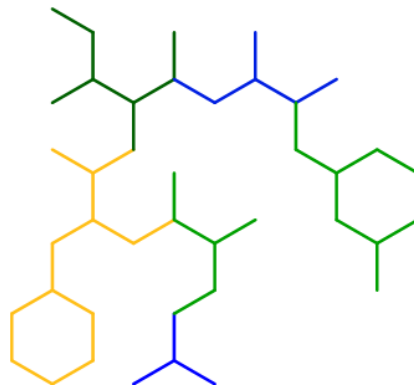


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Ausschnitts einer Primär-Struktur [nach 2].

Die Primär-Struktur beschreibt lediglich die Aminosäure-Sequenz der Kette, d. h. die Aneinanderreihung der einzelnen Aminosäuren, nicht jedoch eine räumliche Struktur des Proteins. Innerhalb einer solchen Aminosäure-Sequenz sind die Aminosäuren über Peptid-Bindungen miteinander verknüpft.

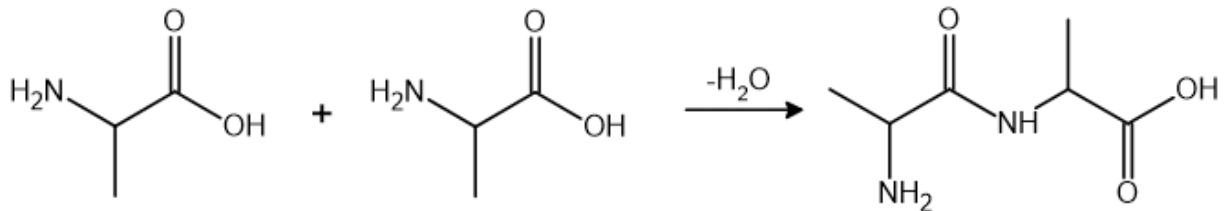


Abb. 3: Bildung einer Peptid-Bindung mit zwei Molekülen Alanin.

2.1.2 Sekundär-Struktur

Die auftretenden Faltungsmuster werden als Sekundär-Struktur bezeichnet. Diese kommen zum Teil durch Disulfid-Brücken zustande, Haupt-Ursache sind jedoch die relativ starren Amid-Bindungen und das Bestreben die maximale Anzahl an Wasserstoffbrücken-Bindungen und andere nichtkovalente Bindungen entlang der Ketten zu bilden. Zwei häufige Arten der Anordnung sind die β -Faltblattstruktur und die α -Helix.

2.1.3 Tertiär-Struktur

Die Tertiär-Struktur entsteht durch Faltung und Verknäueln der Polypeptide. Dabei wirken verschiedene Kräfte wie die von Disulfid-Brücken und Wasserstoffbrücken und elektrostatische Anziehungskräfte. Zudem tragen bei der Tertiär-Struktur Micellen-Effekte zur Formgebung bei.



Abb. 4: Schematische Darstellung der Tertiär-Struktur [16].

2.1.4 Quartär-Struktur

Durch Aggregation (die Zusammenlagerung) mehrerer Aminosäure-Ketten mit definierter Tertiär-Struktur bildet sich eine größere wohldefinierte Anordnung, die man als Quartär-Struktur bezeichnet.

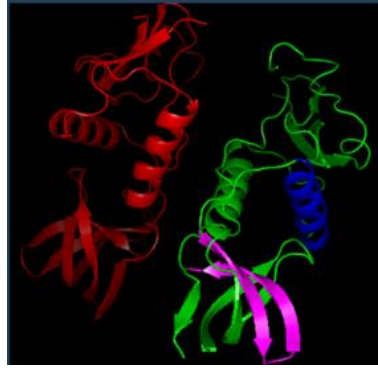


Abb. 5: Schematische Darstellung der Quartär-Struktur [17].

2.2 Aufbau von Spinnenseiden-Proteinen

Zum Aufbau von Spinnen-Seide werden hauptsächlich die vier Aminosäuren Glycin, L-Alanin, L-Glutamin und L-Prolin verwendet.

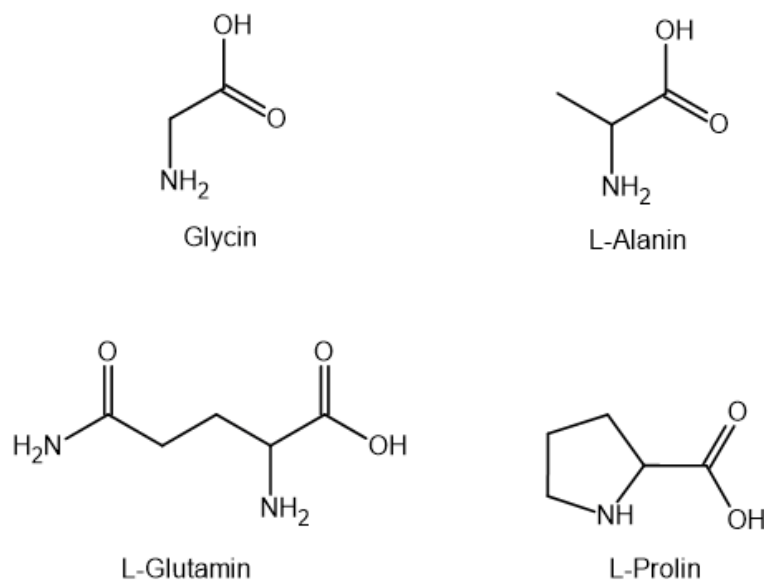


Abb. 6: Die Haupt-Aminosäuren der Spinnen-Seide.

Die Primär-Struktur ist repetitiv angelegt. So können bis zu 90% der Sequenz auf Wiederholungen basieren. Hierbei ist zu beachten, dass sich Module aus 10 bis 15 Aminosäuren bilden, die dann bis zu 100-mal hintereinander auftreten können.

Die Eigenschaften der Spinnen-Seide lassen sich durch den Aufbau ihrer Sekundär-Struktur erklären. Kristalline Strukturen, die hauptsächlich aus β -Faltblättern bestehen sind der Grund für die Stabilität der Spinnen-Seide. Die β -Faltblatt-Strukturen sind in ein amorphes Struktur-System eingebettet, in dem kaum Sekundärstruktur-Elemente erkennbar sind. Diese Bereiche sind für die enorme Dehnbarkeit des Fadens verantwortlich.

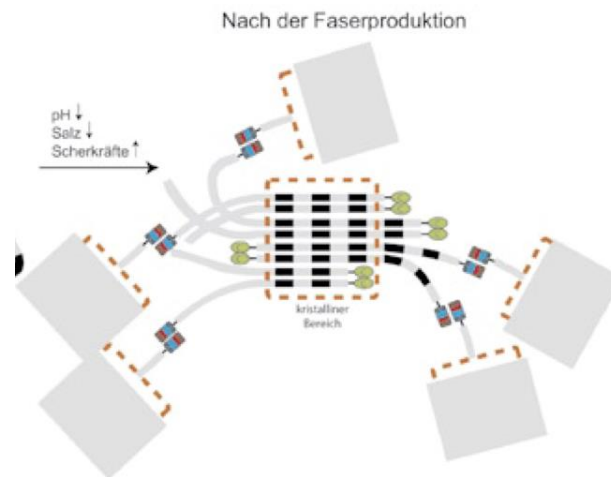


Abb. 7: Struktur-Elemente von Spinnen-Seide [18].

Quellen:

1. Kruszelnicki, Karl: Dr. Karls Geschichten aus der Wissenschaft 2005, 1. Auflage
2. <http://de.wikipedia.org/wiki/Protein>; 23.06.13
3. <http://www.p.chiba-u.ac.jp/lab/bukka/study09-e.html>; (Quelle verschollen; 19.06.2020)
4. <http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/8/bc/vlu/proteindynamik/haemoglobin.vlu/Page/vsc/de/ch/8/bc/proteindynamik/haemoglobin.vscml.html>; 10.07.13
5. Vollhardt, K. Peter C.; Schore, Neil E.: Organische Chemie. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2005
6. Römer, Lin; Scheibel, Thomas: Spinnen wie die Spinnen. Nachrichten aus der Chemie 56, Heft 5, 2008, S. 516-519
7. Römer, Lin; Scheibel, Thomas: Grundlage für neue Materialien - Spinnenseidenproteine. ChiuZ 41, Heft 4, 2007, S. 306-314
8. Scheibel, Thomas: Spinnenseide - Was Spiderman wissen sollte. BIOSpektrum 15, Heft 1, 2009
9. Kesel, Antonia B.; Zehren, Doris (Hrsg.): Bionik-Patente aus der Natur. B-I-C, Bremen 2007
10. Römer, Lin; Scheibel, Thomas; Spieß, Kristina: Transparente Folien aus Spinnenseide. GIT Labor-Fachzeitschrift, Heft 11, 2007, S. 928-931
11. <http://www.augsburger-allgemeine.de/wissenschaft/Spinnenseide-Neue-Hoffnung-fuer-Blinde-id18145806.html>; 23.06.13
12. <http://www.uni-bayreuth.de/blick-in-die-forschung/13-2009.pdf>; (Quelle verschollen; 19.06.2020)
13. <http://www.fiberlab.de/>; 23.06.13
14. <http://www.uni-bayreuth.de/blick-in-die-forschung/08-2010.pdf>; (Quelle verschollen; 19.06.2020)
15. <http://www.biotechnologie.de/BIO/Navigation/DE/root,did=129422.html>; (Quelle verschollen; 19.06.2020)
16. Tertiär-Struktur: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protein-Terti%C3%A4rstruktur.png?uselang=de>; Urheber: Holger87; Lizenz: „Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 nicht portiert“; 19.06.2020
17. Quartär-Struktur: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protein-Quart%C3%A4rstruktur.png?uselang=de>; Urheber: Holger87; Lizenz: „Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 nicht portiert“; 19.06.2020
18. Struktur-Elemente: <https://www.git-labor.de/forschung/life-sciences-biotechnologie/struktur-und-funktion-von-spinnenseiden-proteinen-mit-nmr-spe>; 19.06.2020