



Wolle: Chemie und Aufbau

Susanne Dühorn, SS 10; Lena Homolka, SS 22

Gliederung

1	Wolle ist wasserabweisend	2
2	Wolle ist hygroskopisch	2
3	Wolle wirkt isolierend.....	3
4	Wolle ist dehnbar und elastisch.....	4
5	Wolle ist sehr nährstoffreich	6
6	Wolle ist gut färbbar.....	6

Einstieg 1:

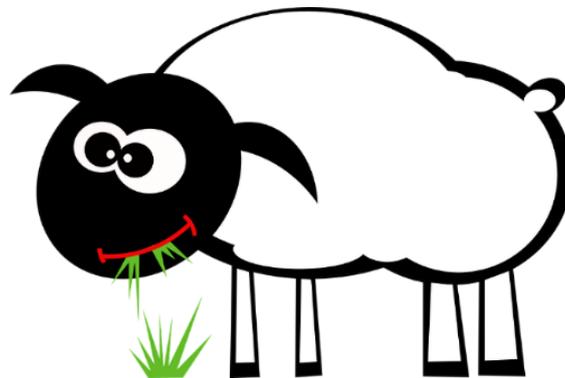


Abbildung 1: Schaf [10]

Wolle macht heute nur noch etwa vier Prozent der Welt-Produktion von Textil-Fasern aus. Dennoch besitzt so gut wie jeder Woll-Kleidung, wie beispielsweise die gestrickten Socken, die man von der Großmutter geschenkt bekommt. Meistens landen diese jedoch ungetragen im Kleider-Schrank. Man hält sie für altmodisch, hässlich oder kratzig. Doch dieses Verhalten ist auf Grund der vielen positiven bekleidungsphysiologischen Eigenschaften nicht gerechtfertigt.



Abbildung 2: Dünger

Ich würde diesen Sommer gerne eigene Tomaten ernten, doch meine Pflanzen neigten bisher dazu, relativ früh das zeitliche zu segnen. Da hilft doch neben viel Wasser auch ein guter Dünger. Im Baumarkt gibt es zahlreiche Dünger, darunter auch Dünger auf Schafswolle, obwohl man aus dieser doch klassisch eher kuschligen Kleidung herstellt. Ist der Wolldünger also nur ein Produkt des „Natur ist gut“-Hypes oder wirklich eine gute Alternative und Ergänzung zu herkömmlichem Mineraldünger.

1 Wolle ist wasserabweisend

Die Woll-Faser besteht aus einem Mantel (Cuticula) und einem Kern (Cortex). Der Mantel setzt sich aus drei verschiedenen Schichten zusammen. Die äußerste dieser Schichten (=Epicuticula) beinhaltet die **F-Layer**, die aus Lipiden besteht und somit **hydrophob**, also Wasser abweisend ist.

Auch wenn es draußen einmal ein bisschen nass ist, schützt Wollkleidung einen eine gewisse Zeit vor der Nässe und dem Gefühl von nassen Textilien auf der Haut [1].

2 Wolle ist hygroskopisch

Wolle besteht zu 97% aus **Proteinen**. Proteine sind über Peptid-Bindungen verknüpfte Aminosäuren. Die polare Carbonyl- und polare Amino-Gruppe der Proteine können Wasser über **Wasserstoffbrücken-Bindungen** binden. Dabei kann eine Aufnahme von Wasser bis zu 33% des Eigengewichts der Wolle stattfinden, ohne, dass sich die Faser feucht oder klamm anfühlt. Das heißt, dass 1 kg Wolle bis zu 0,33 L Wasser aufnehmen kann und sich nach außen trotzdem trocken anfühlt. Man spricht von hygroskopischem Verhalten.

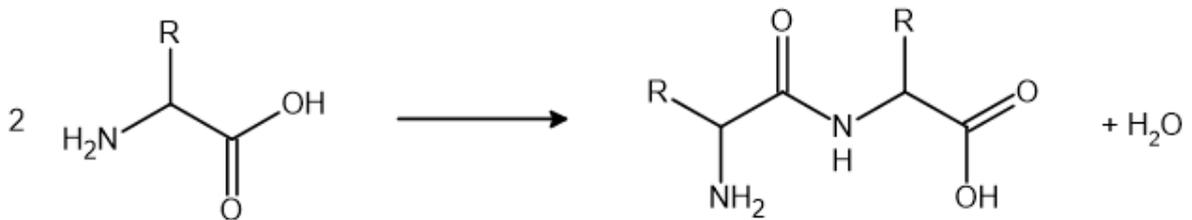


Abbildung 3: Peptidbindung

Das führt zu einer guten Düngeeigenschaft der Wolle.

Im Boden unter einer Pflanze vergraben, nimmt die Wolle überflüssiges Wasser auf, sodass die Pflanze nicht im Wasser steht. In trockeneren Zeiten gibt die Wolle die eingelagerten Wassermoleküle wieder ab und stellt sie somit der Pflanze zu Verfügung, sodass diese auch eine längere Zeit ohne Gießen überlebt [1].

Diese Eigenschaft wird durch ein Experiment gezeigt.

Materialien: Unbehandelte Rohwolle; zwei Bechergläser; Wasser



Abbildung 4: Rohwolle

Durchführung: Die Rohwolle wird in ein Becherglas mit Wasser gegeben. Zunächst passiert nichts, wird jedoch ein wenig nachgeholfen saugt sich die Wolle nach einer Zeit mit Wasser voll.

Ergebnis: Zunächst schützt die hydrophobe F-Layer die Wolle vor Eindringen des Wassers. Wird diese Schicht nun aber zum Beispiel durch Reiben zwischen den Fingern beschädigt, kann Wasser in die Faser eindringen und das hygroskopische Verhalten der Wolle kommt zum Tragen; das Volumen der Wolle nimmt zu.

3 Wolle wirkt isolierend

Eine einzelne Woll-Faser besteht aus vielen Superhelices, die sich längs zu Mikrofibrillen zusammenfinden, viele dieser Mikrofibrillen setzen sich wiederum zu einer Makrofibrille zusammen. Die Makrofibrille selbst ist wieder eine Untereinheit des Orthocortex, dieser gehört zum Kern der Faser. Dieser **komponentenreiche Aufbau** in Schichten führt dazu, dass viele **Hohl-Räume** in der Faser vorhanden sind. Die Luft in den Hohl-Räumen wird bei Woll-Kleidung durch die eigene Körper-Wärme erwärmt. Somit hat man eine Art warmes Luft-Polster um den Körper, das zum guten Isolationsverhalten führt [12].

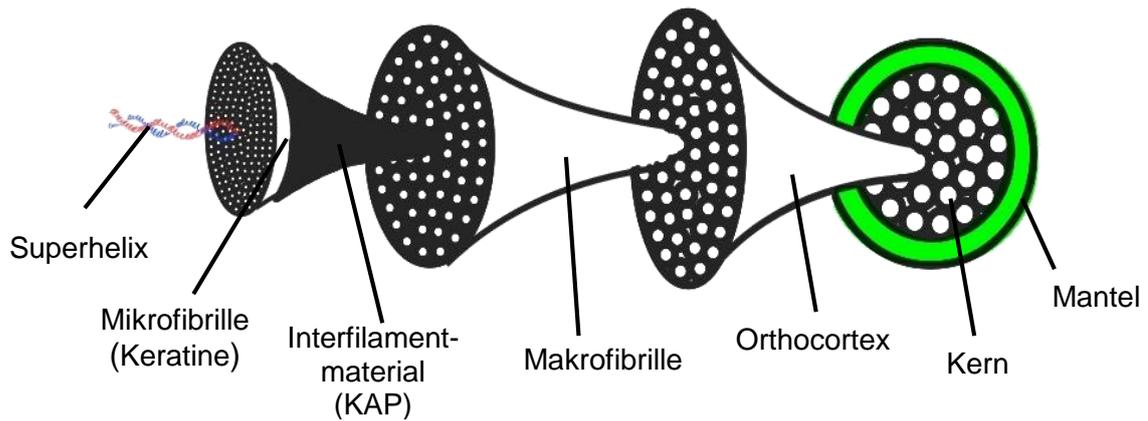


Abbildung 5: Wollfaser

4 Wolle ist dehnbar und elastisch

Die Makrofibrille ist die Haupt-Komponente der Woll-Faser und somit Träger der mechanischen Eigenschaften. Sie besteht zum einen aus schwefel-reichen Proteinen ohne helikale Struktur, den so genannten Keratin-assoziierten Proteinen (KAP). Sie bilden vor allem stabile **Disulfid-Brücken** aus, die zur Elastizität und Reißfestigkeit beitragen. Zum anderen besteht sie aus schwefel-armen Proteinen mit α -helikaler Sekundär-Struktur, den so genannten Keratinen. Diese bilden intermolekulare **Wasserstoffbrücken-Bindungen** aus, die zu einer guten Biegsamkeit der Faser führen [1].

Der Übergang von der Peptidkette zur α -Helix kann durch ein Modell gezeigt werden [3]:

Material: ein ca. 50 cm langes Stück PE-Schlauch (d=2 cm); Tampons; buntes Klebeband

Der PE-Schlauch stellt die Peptidkette dar. An ihn können im richtigen Abstand Tampons für die funktionellen Gruppen mit buntem Klebeband (hier blaues für die Carbonylgruppe und gelbes für die Aminogruppe) geklebt werden.

Wickelt man den Schlauch zu einer α -Helix, sieht man, dass immer jeweils eine Carbonylgruppe mit einer Aminogruppe wechselwirken kann (s. Abb. 6).

Erweiterung:

Zusätzlich könnte in entsprechender Orientierung auch noch die Restgruppen angebracht werden, um zu verdeutlichen, dass diese in der α -Helixstruktur zu den Seiten abstoßen und intermolekulare Wechselwirkungen eingehen können.

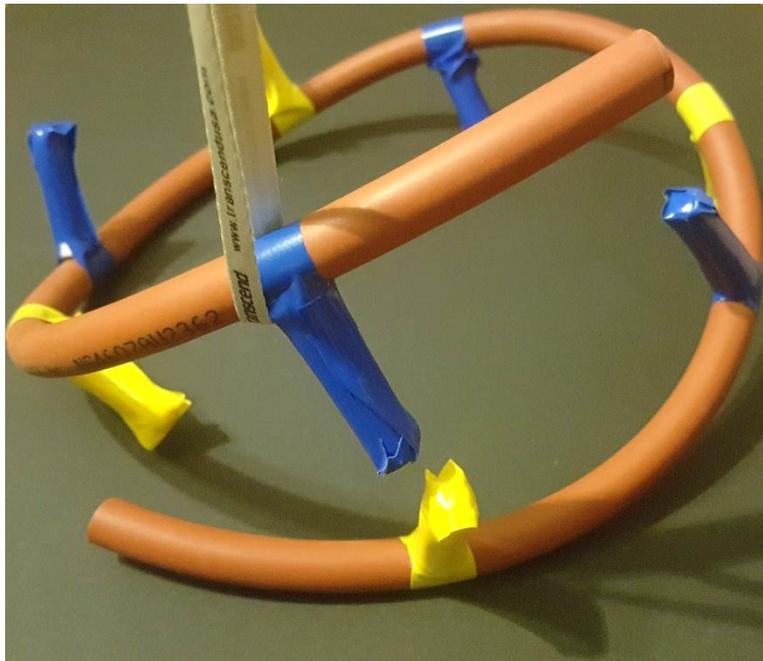


Abbildung 6: Peptidkette

Zudem wandelt sich die α -helikale Struktur durch Dehnung in die gestreckte β -Faltblatt-Struktur um.

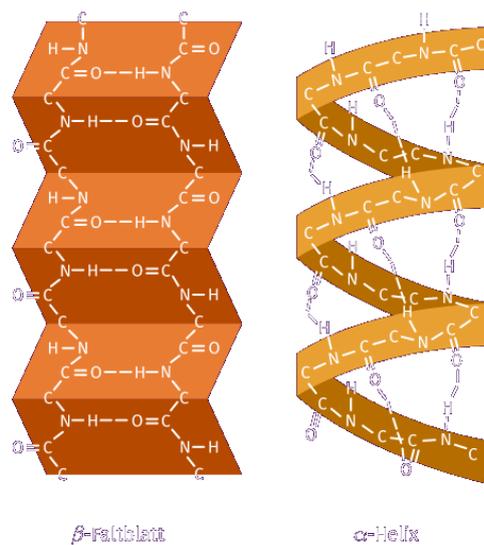


Abbildung 7: α -Helix und β -Faltblattstruktur [11]

Dabei verlängert sich die gesamte Faser um bis zu 25%. Diese Umwandlung ist für die Dehnbarkeit der Faser verantwortlich. Ab einer Dehnung von 48% kommt es aber auf Grund der Spaltung von Disulfid-Bindungen zu Faser-Bruch.

Zwischen den Dimeren liegen Salz-Brücken, Wasserstoffbrücken-Bindungen, Disulfid-Brücken und Van-der-Waals-Kräfte vor. Diese Wechsel-Wirkungen sind ebenfalls ein Grund für die hohe Stabilität der Faser.

Somit eignet sich die Wollfaser perfekt für die Herstellung von Textilien, da diese durch die Elastizität gut tragbar und durch die Reißfestigkeit besonders langlebig sind [1].

Aufgrund dieser Elastizität und den anfangs genannten hygroskopischen Eigenschaften quillt Wolle bei Wasserzunahme unter Volumen-Vergrößerung auf. Dabei lockert sie den Boden unter der Pflanze auf [4].

5 Wolle ist sehr nährstoffreich

Wolle besteht im kleinsten Baustein aus Aminosäuren, die sich über Peptidbindungen zu Proteinen verknüpfen. Damit ist sie sehr stickstoffreich.

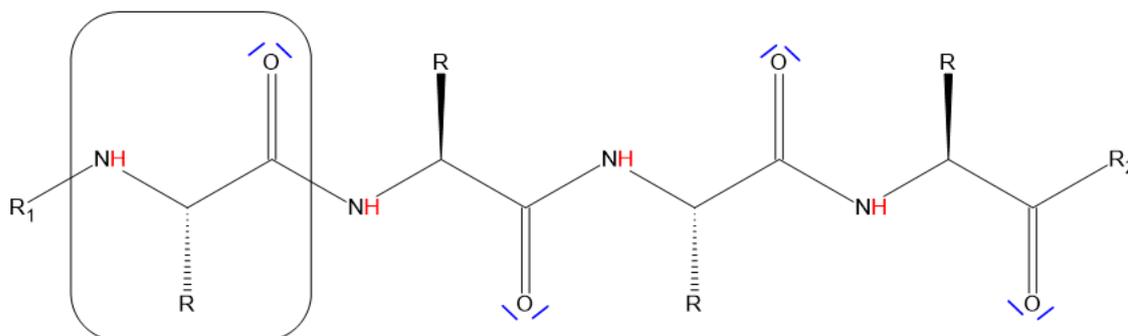


Abbildung 8: Sequenz aus einer Peptidkette

Ebenfalls weist Wolle durch die KAP einen hohen Schwefelgehalt auf.

Verrottet die Wolle nun langsam unter der Pflanze, werden diese Nährstoffe freigesetzt und kommen der Pflanze zugute. Das geschieht sehr langsam durch Mikroorganismen [4].

6 Wolle ist gut färbbar

Diese Eigenschaft wird durch ein Experiment gezeigt, bei dem die Färbbarkeit von Wolle mit Baumwolle verglichen wird.

Material:

- Woll-Faden
- Baumwoll-Faden

Chemikalien:

- kirschroter Farbstoff (E104, E110, E124, E132)
- **Weinsäure E334**
CAS-Nr.: 87-69-4



Gefahr

H318

P280, P305+P351+P338

Durchführung: man mischt einige Tropfen des kirschroten Farbstoffes mit heißem Wasser und säuert mit etwas Weinsäure an. Dann gibt man einen Woll- und einen Baumwoll-Faden hinzu. Nach wenigen Minuten werden die gefärbten Fäden in Wasser gewaschen.

Ergebnis: Die Wolle ist intensiver als die Baumwolle gefärbt. Der hier verwendete Farbstoff besteht aus anionischen Farbstoffen und wird über eine Ionen-Bindung an die protonierte Amino-Gruppe der Faser gebunden.

Zusammenfassung:

Wolle ist:

- Wasserabweisend (hydrophobe F-Layer)
- hygroskopisch (Ausbildung von Wasserstoffbrücken-Bindungen)
- dehnbar und elastisch (verschiedene inter- und intramolekulare Wechsel-Wirkungen)
- isolierend (schichten-reicher Aufbau mit vielen Hohl-Räumen)
- nährstoffreich (Stickstoff und Schwefel)
- gut färbbar (protonierte Amino-Gruppe)

Abschluss 1: Der Grund, warum Wolle heute nur noch 4% der Welt-Produktion von Textil-Fasern ausmacht, könnte unter anderem darin liegen, dass beim Waschen mit heißem Wasser und beim Trocknen große Vorsicht geboten ist und einige Regeln zu beachten sind, um Form-Verlust zu vermeiden.

Abschluss 2: In der Packung befindet sich keine Rohwolle wie ihr sie in der Hand haltet, sondern aus Rohwolle gepresste Pellets. So kann der Dünger besser gehandhabt und portioniert werden und auch Einzug in dein Gemüsebeet finden.

Quellen:

1. H. Zahn, F.-J. Wortmann, H. Hoecker, Chem. Unserer Zeit 1997, 31, 280-289
2. K. Vollhardt, N. Schore, Organische Chemie, 4. Auflage, WILEY-VCH, Weinheim 2007
3. J. Berg, J. Tymoczko, G. Gatto Jr., L. Stryer, Stryer Biochemie, 8. Auflage 2018. S. 48-54.
4. <https://www.youtube.com/watch?v=SHLgsDiHn4s>, 31.12.2022
5. <http://www.filzlexikon.de/found-wolle.html?fillex/wolle/chemie/wollprotein.html>, 31.12.2022
6. http://www.filzrausch.de/info/found_projekt_n1.html?projekt/nelli/2-1-3.html, 31.12.2022
7. http://www.thomasmusolf.de/fuer_schueler_und_eltern/Chemie/Klasse%2010%20Kohlenstoffchemie/V%20Peptide/Wolle.htm, (Quelle verschollen, 31.12.2022)
8. <http://www.umweltlexikon-online.de/fp/archiv/RUBlandwirtsrohstoffe/Schafwolle.php>, (Quelle verschollen, 31.12.2022)
9. <http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/nwt/unterrichtseinheiten/einheiten/baeren/seite3-1.html>, (Quelle verschollen, 31.12.2022)
10. <https://pixabay.com/de/vectors/schafe-essen-gras-weiden-lamm-161389/>; Lizenz: CC0 Public Domain (31.12.2022)
11. <https://www.sofatutor.com/chemie/videos/der-raeumliche-aufbau-von-proteinen> 31.12.2022
12. https://de.wikipedia.org/wiki/Haar#/media/File:Hierarchical_structure_of_hair_in_the_cortex_and_cuticle.png Lizenz: CC BY 4.0 31.12.2022