

Die 3 Rs - Keratin



Überblick

PRIMARSTUFE, SEKUNDARSTUFE

BIOLOGIE, CHEMIE

NACHHALTIGKEIT

DEUTSCH

Überblick

Schlüsselwörter: Biobasierte Produkte, Biomasse

Disziplinen: Biologie, Chemie, Wirtschaft

Altersstufe der Schüler: Primar- und Sekundarstufe (jedes Kapitel verfügt über eine grundlegende Laborübung, die sich für die Primarstufe eignet und eine zusätzliche für die Sekundarstufe; Zulassung der Chemikalien für die jeweilige Altersstufen bitte prüfen)

Zeitraumen: 45 - 90 Minuten pro Übung

Partner: Laden Sie Wissenschaftler*innen ein, eine Unterrichtsstunde zu halten, oder besuchen Sie mit Ihrer Klasse ein Unternehmen, das biobasierte Produkte herstellt.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Die Idee

Wolle

Mikroskopie

Keratinextraktion und Herstellung einer Haarspülung

Färben der Wolle

Rückgewinnung von Schwermetallen aus Wasser

Zusammenfassung

Die Schüler*innen werden in die Chemie der Wolle eingeführt. Sie können sie mit natürlichen Farbstoffen färben, Keratin extrahieren, um ihre eigene Haarspülung herzustellen, oder sie zur Adsorption von Metallschadstoffen im Wasser verwenden. Die Experimente richten sich an Schüler*innen zwischen 11 und 16 Jahren.

Wolle ist das Hauptprodukt der Schafzucht. Obwohl sich die Nutzung der Schafe im Laufe der Zeit geändert hat und ihre Wolle nicht mehr so häufig zur Herstellung hochwertiger Kleidung verwendet wird, müssen sie immer noch geschoren werden. Laut Berechnungen aus dem Jahr 2015 werden in Europa jedes Jahr etwa 200.000 Tonnen Wolle produziert, deren Entsorgung ein großes Problem darstellt.^[1] ^[2] Es ist

nicht mehr möglich, wie in der Vergangenheit, die Wolle auf den Weiden zurückzulassen oder langsam zu verbrennen, wobei giftige Gase und Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangen.



Die Idee

Das Projekt zielt auf die Wiederverwendung von Wolle ab, die bei unsachgemäßer Entsorgung eine Quelle der Umweltverschmutzung darstellt. In vielen Ländern der Europäischen Union wird Wolle als Rohprodukt ohne seine Anwendungsmöglichkeiten betrachtet.

Wolle

Wolle ist eine natürliche Textilfaser, die hauptsächlich aus dem Fell von Schafen, einigen Ziegenarten und Kaninchen gewonnen wird. Morphologisch gesehen besteht die Wollfaser aus einer äußeren Schicht, die sich aus flachen, sich überlappenden Zellen zusammensetzen, einer inneren Struktur und einem Mark. Aus chemischer Sicht ist die Wollfaser ein Proteinpolymer, das aus Keratin besteht. Keratin ist ein Strukturprotein, das aus langen Ketten von Aminosäuren gemacht ist und eine hohe Konzentration an Cystein aufweist. Es bildet die Haare, Wolle, Federn, Nägel und Hörner vieler Tierarten.

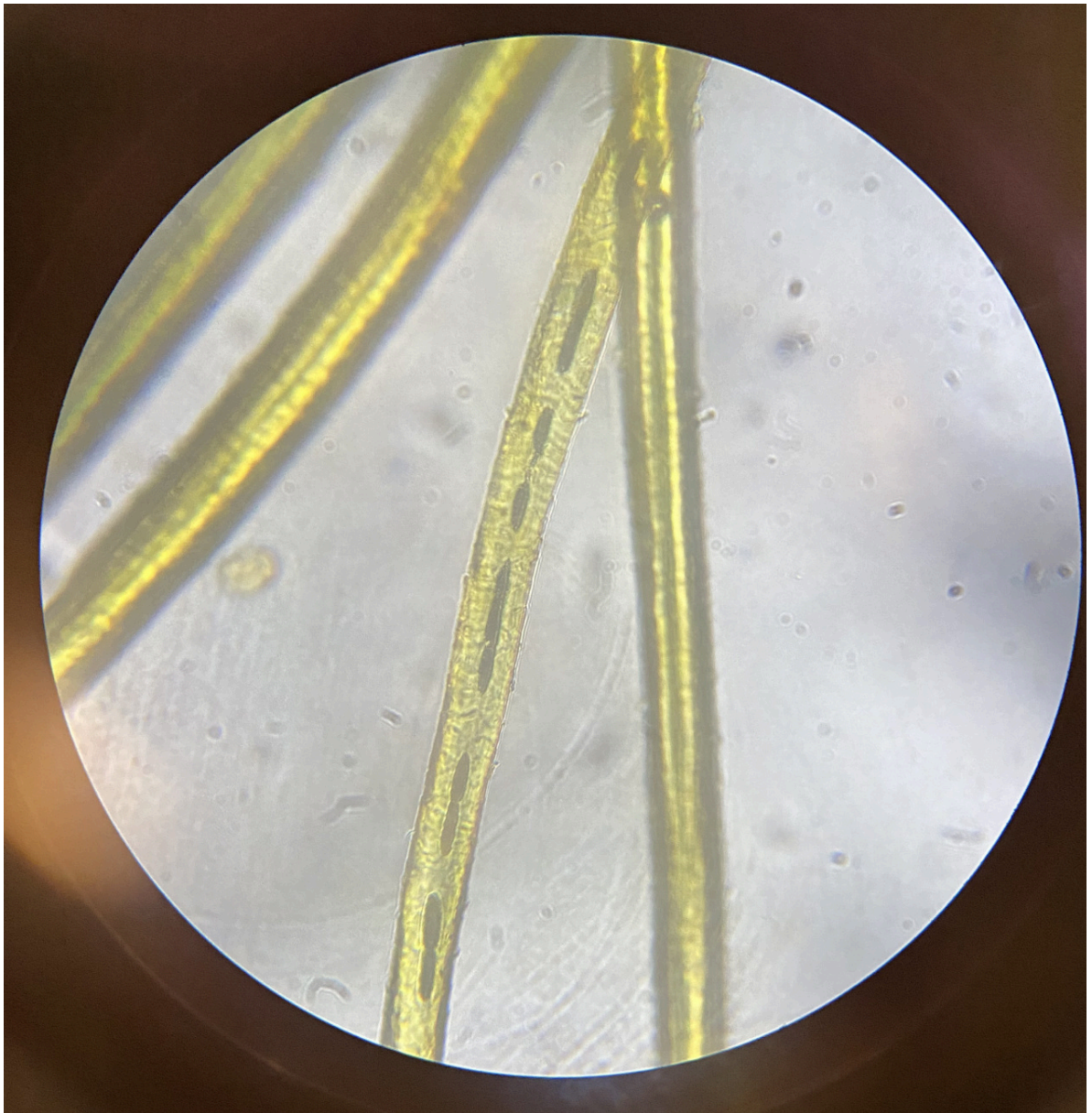
Mikroskopie

Ein guter Einstieg in das Thema ist der Vergleich von Wolle und Kunstfasern unter dem Mikroskop.

Die mikroskopische Betrachtung von Fasern dient dazu, Naturfasern wie Wolle, Baumwolle oder Leinen von synthetischen Chemiefasern zu unterscheiden. Die Unterscheidung erfolgt durch den Vergleich von Längsschnitt und Querschnitt.

Wolle erscheint im Längsschnitt zylindrisch, unregelmäßig, hat eine raue Oberfläche und eine schuppenartige Struktur, und auf groben Wollfasern kann ein dunkles Mark erscheinen. Im Querschnitt sieht die Wolle fast rund oder kreisförmig aus, und es kann ein Mark erscheinen.^[3]

Für den Fall, dass Sie keinen Zugang zu einem Mikroskop haben, finden Sie hier einige Beispiele von Alpaka- und Kaschmirwollfasern, natürlichen Leinenfasern, synthetischem Polyester und Viskose.



© Science on Stage
Alpacawoolfaser (1) unter dem Mikroskop

Mikroskopische Analyse von Textilfasern

Ziel: Untersuchung von Textilfasern unter einem Mikroskop

Benötigte Arbeitsmittel: Objektträger, Deckglas, Pinzette, Textilfasern (Baumwolle, Wolle, Seide)

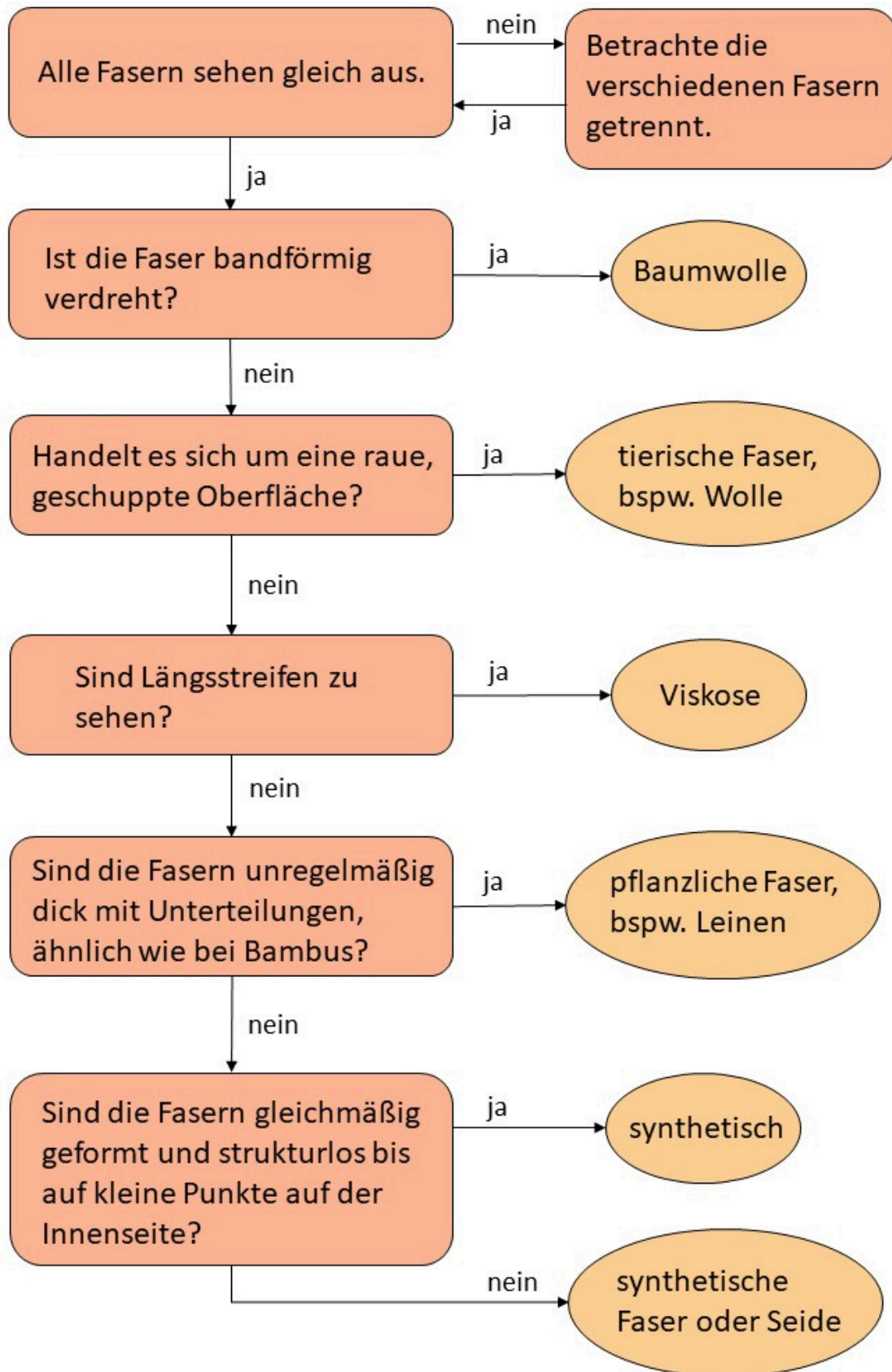
Lösungen: destilliertes Wasser, Lugolsche Lösung

Ablauf

1. Entnehmen Sie eine Textilprobe mit einer Pinzette, so dass Sie ein paar isolierte Fasern erhalten.
2. Legen Sie diese auf einen Objektträger, fügen Sie a) einen Tropfen Wasser und b) einen Tropfen Lugolsche Lösung hinzu und decken Sie die Probe mit dem Deckglas ab.
3. Befestigen Sie den Objektträger auf dem Objektisch, fokussieren Sie das Objektiv und schauen Sie sich die Faser genau an.
4. Vergleichen Sie die beiden Präparate.

Ergebnisse

Die Schüler*innen können ihre Beobachtungen notieren. Sie identifizieren die Art der Fasern mithilfe des Diagramms.



© Science on Stage

Sie können das Bestimmungsblatt hier als [docx](https://www.science-on-stage.de/sites/default/files/2022-10/sdg_3rs_k_mikroskopische-analyse-textilfasern.docx) (https://www.science-on-stage.de/sites/default/files/2022-10/sdg_3rs_k_mikroskopische-analyse-textilfasern.docx) und als [pdf](https://www.science-on-stage.de/sites/default/files/2022-10/sdg_3rs_k_mikroskopische-analyse-textilfasern.pdf) (https://www.science-on-stage.de/sites/default/files/2022-10/sdg_3rs_k_mikroskopische-analyse-textilfasern.pdf)

stage.de/sites/default/files/2022-10/sdg_3rs_k_mikroskopische-analyse-textilfasern.pdf)-Datei herunterladen.

Keratinextraktion und Herstellung einer Haarspülung

Im Chemielabor können Sie das Keratin extrahieren und die Bestandteile von Wolle untersuchen.

Der Versuch besteht aus:

- der Extraktion von Keratin aus Wolle mit einer geeigneten Extraktionslösung;
- der Ausflockung von Keratin unter Verwendung eines Proteindenaturierungsmittels;
- der Rückgewinnung von Keratinpulver durch Dekantieren oder Zentrifugieren.

Extraction of keratin



Das Video "Kreatinextraktion" illustriert die im Text beschriebene Versuchsdurchführung. Die Untertitel sind in englischer Sprache.

Extraktion von Keratin

Materialien

- Raue Wollfasern (die Wolle muss unbehandelt sein).
- Natriumhydroxid (NaOH), ($c = 1 \text{ mol/L}$; alternativ $c = 0,5 \text{ mol/L}$)
- Becherglas
- Glasstab
- Handschuhe
- Laborkittel
- Schutzbrille



Methode

Bitte beachten: Bei diesem Experiment müssen Schutzhandschuhe, ein Laborkittel und eine Schutzbrille getragen werden.

Die Wollfasern werden in ein Becherglas gegeben, mit der Natriumhydroxidlösung bedeckt und mit einem Glasstab nach unten gedrückt. Die Wolle muss vollständig von der Extraktionslösung bedeckt sein.

Die angegebene Zeit (mindestens 1-2 Stunden) bezieht sich auf die Verwendung einer 1,0-M-Lösung; alternativ kann auch eine weniger konzentrierte Lösung (0,5 M) verwendet und die Mischung über Nacht stehen gelassen werden.



Nach Ablauf der Zeit wird ein Teil der Fasern entnommen und das Aussehen untersucht.

Beobachtung

- Erscheinungsbild der Wolle vor der Extraktion: z. B. weiße Farbe, weich, kräuselnd
- Aussehen der Wolle nach dem Experiment: z. B. Die Wolle nimmt eine dunkle Farbe und ein gallertartiges Aussehen an.
- Aussehen der Extraktionslösung am Ende des Experiments: z. B. Die klare und farblose Lösung zu Beginn wird dunkel und trüb.

Diskussion

1. Glaubst du, dass eine chemische Reaktion stattgefunden hat, die die Wolle irgendwie verändert hat?

Die beobachteten Veränderungen im Aussehen der Fasern, sowohl in Bezug auf die Farbveränderung als auch auf die Trübung der Lösung, deuten darauf hin, dass chemische Reaktionen stattgefunden haben.

2. Kannst du Vermutungen darüber anstellen, welche Art von Veränderungen auf molekularer Ebene stattgefunden haben könnten?

Durch die Extraktion des Keratins mit Natriumhydroxidlösung kommt es zu einer Denaturierung mit einem teilweisen Abbau des Proteins.

Keratin kann extrahiert werden, ohne dass es abgebaut wird, aber der Extraktionsprozess ist langwierig und daher ein schwieriges Unterfangen in der Laborumgebung. Die nicht abbauende Extraktion erfolgt mit Natriumsulfit, das die Schwefelbrücken und Urea bricht (Denaturierungsmittel).

Ausflockung und Ausfällung von Wollkeratin

Nach der Extraktion des Keratins mit einer Natriumhydroxidlösung wird das vorhandene Protein in der Lösung ausgeflockt, wobei verschiedene ebenfalls gebräuchliche Substanzen verwendet werden.

Durch Umfüllen und Trocknen kann Keratinpulver gewonnen werden. Eine andere Methode hierfür wäre die Zentrifugation, die schneller ist, für die aber eine Zentrifuge benötigt wird. Das Dekantieren und Trocknen ist langsamer, kann aber in jeder Schule durchgeführt werden.

Materialien

- Keratinlösung in NaOH
- Ethanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)
- Aceton (Propanol, $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$)
- Zitronensäure 6% (Ac. 3-Carboxy-3-hydroxy-1,5-pentanedium, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$)
- Pipetten
- Reagenzgläser
- Weißweinessig
- Petrischale
- Zitronensaft
- Schutzbrille
- Schutzhandschuhe

Methode

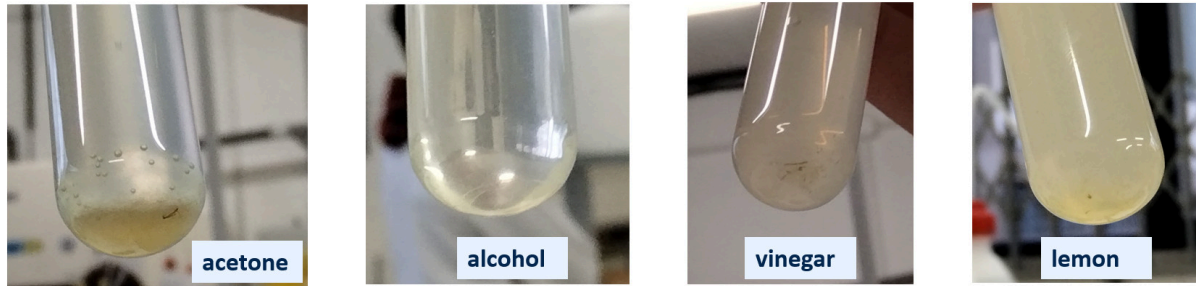
Für das Experiment sind Schutzhandschuhe und Schutzbrille unabdingbar.

Den Zitronensaft abseihen. Es ist notwendig, den Zitronensaft zu filtern, um die Trübung zu verringern.

Hinweis: Zitronensäure in 6-prozentiger Lösung hat einen ähnlichen pH-Wert wie Zitrone, daher kann auch Zitronensäurelösung anstelle von Zitronensaft verwendet werden. In diesem Experiment kommt beides zum Einsatz, um zu verdeutlichen, dass alltägliche Stoffe wie Zitronen und Essig als chemische Reagenzien verwendet werden können. Es ist auch interessant, die Schichtung des Proteins mit Zitronensaft zu beobachten.

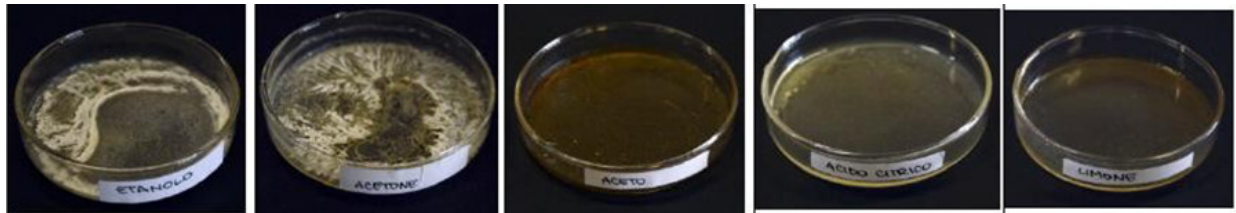
Fünf beschriftete Reagenzgläser werden benötigt. In diese werden 10 ml verschiedener Lösungen gegeben: Ethanol, Aceton, Zitronensäure, Essig, Zitronensaft.

Danach werden etwa 1-2 ml der Extraktionslösung tropfenweise in jedes Reagenzglas gegeben. Die Beobachtungen werden in eine Tabelle eingetragen.



v.l.n.r.: Aceton, Ethanol, Essig, Zitronensaft

Abschließend wird der Inhalt jedes Reagenzglases in eine Petrischale gegossen. Die Flüssigkeit lässt man verdunsten. Das übriggebliebene Keratin wird vor einem dunklen Hintergrund untersucht.



v.l.n.r: Ethanol, Acetone, Essig, Zitronensäure, Zitronensaft

Diskussion

Glaubst du, dass eine chemische Reaktion stattgefunden hat, die die Wolle irgendwie verändert hat?

Die beobachteten Veränderungen im Aussehen der Fasern, sowohl in Bezug auf die Farbveränderung als auch auf die Trübung der Lösung, deuten darauf hin, dass chemische Reaktionen stattgefunden haben.

Kannst du Vermutungen darüber anstellen, welche Art von Veränderungen auf molekularer Ebene stattgefunden haben könnten?

Die Ausfällung (oder Proteinausflockung) kann auf verschiedene Weise erfolgen:

1. Induziert durch den pH-Wert: durch Veränderung des pH-Werts der Lösung, z. B. durch Zugabe von Essigsäure, um sich dem isoelektrischen Punkt (pI oder pHi) des Proteins zu nähern.

2. Variation des Lösungsmittels: Die Dielektrizitätskonstante eines Lösungsmittels hat Einfluss auf die elektrostatischen Wechselwirkungen zwischen den Proteinen, was zur Ausflockung führt (Bildung von Wasserstoffbrückenbindungen). Eine schwache Dielektrizitätskonstante (z. B. in Ethanol oder Aceton) verringert tendenziell die Löslichkeit eines Proteins.

Die Ausflockung unterscheidet sich, je nachdem, ob sie durch den pH-Wert oder durch Lösungsmittelschwankungen ausgelöst wird.

Sie können nun das extrahierte Keratin verwenden, um Ihre eigene Haarspülung herzustellen! [\[3\]](#)

Hair conditioner



Das Video "Haarspülung" illustriert die im Text beschriebene Versuchsdurchführung. Die Untertitel sind in englischer Sprache.

Aus Abfall wird Conditioner

Verfahren zur Extraktion von Keratin

Materialien und Chemikalien

- 5 g Rohwolle
- Becherglas
- Waage
- Natriumhydroxidlösung ($c = 1 \text{ mol/L}$)
- Büchnertrichter
- Rundfilterpapier
- Erlenmeyerkolben
- Essigsäure
- Zentrifuge
- Uhrglas

Für das Experiment ist das Tragen einer Schutzbrille, eines Laborkittels und von Handschuhen notwendig.

1. Etwa 5 g Rohwolle in einem Becherglas abwägen und mit 150 ml 1 mol/l NaOH versetzt.
2. Etwa 20 bis 30 Minuten warten, damit die NaOH einwirken kann
3. Den Extrakt durch einen Büchnertrichter mit Rundfilterpapier in einen Erlenmeyerkolben überführen.
4. Unter einem Abzug wird Essigsäure tropfenweise in den Extrakt gegeben bis Kristalle ausflocken (Ausflockung des Keratins)
5. Die Keratinkristalle durch Zentrifugation von der Lösung trennen. Wenn keine Zentrifuge in der Schule vorhanden ist, kann das Keratin auch durch Dekantieren gewonnen werden, wie [hier](#) beschrieben. Dieser Vorgang dauert länger als die Zentrifugation.
6. Das Keratin in ein Uhrglas überführen und trocknen.

Keratin-Spülung

Für 50 ml des Produkts werden folgende folgende Bestandteile in eine Becherglas abgefüllt:

- 7,5 g einer 25%igen m/V-Keratinlösung in Glycerin
- 3 g Cetylalkohol,
- 7,5 g Sheabutter,
- 7 g Mandelöl und
- 7 g Zitronensäure (Konservierungsmittel)

Das Becherglas in ein Wasserbad stellen und erhitzen, bis die Zutaten geschmolzen sind. 1-2 Tropfen eines ätherischen Öls der Wahl hinzufügen.

Das entstandene Produkt in einen Behälter füllen.



© Science on Stage

Umfüllen des Extrakts in einen Erlenmeyerkolben mit Hilfe eines Filters

Färben der Wolle

Für Kinder ist das Färben von Wolle mit Naturfarben ein Experiment, das ihnen Spaß macht und sowohl einfacher als auch sicherer als die anderen hier vorgestellten Aktivitäten sind.

Bei dieser Aufgabe werden zwei Ziele verfolgt:

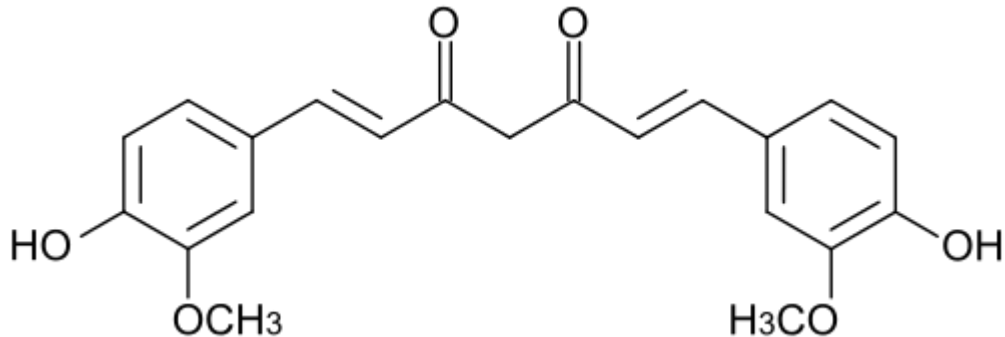
- Die Abfallwolle wird attraktiver, weil sie gefärbt und somit wiederverwendbar ist.
- Die Verwendung von natürlichen Farbstoffen für Textilfasern wird erforscht.

Natürliche Farbstoffe werden aus Pflanzen, wirbellosen Meerestieren, Algen sowie aus Bakterien und Pilzen gewonnen. Sie können als Extrakt oder in Pulverform erworben werden, und aus jeder Pflanze kann eine beträchtliche Anzahl verschiedener Farbtöne gewonnen werden.

Wir stellen zwei Verfahren vor: Das erste ist sehr einfach und kann mit Kurkumawurzel oder -pulver zum Färben der Wolle durchgeführt werden. Das zweite Verfahren ist recht kompliziert und verwendet Beizmittel und Rotkohl.

Färben mit Kurkuma

- Pflanze: *Curcuma longa*
- Für die Tinktur verwendeter Teil: zerstoßene Wurzel
- Farbstoff: Curcumin



Materialien und Chemikalien

- Wasser
- Becher oder Topf
- Wolle oder andere Naturfasern

Verfahren

- Die Wolle wird gewogen und bei Raumtemperatur in Wasser eingetaucht, bis sie vollständig bedeckt ist.
- Zur Herstellung des Farbstoffs muss die Kurkumawurzel zerkleinert werden. Es wird die Hälfte des Gewicht des trockenen Garns benötigt. Andernfalls kann direkt Kurkumapulver in einer Menge von 5-10 % des Gewichts verwendet werden.
- Die zerkleinerte Wurzel beziehungsweise das Pulver wird in Wasser aufgelöst.
- Das gelöste Pulver wird zu dem Wasser-Wolle-Gemisch gegeben.
- Alles nun 20-30 Minuten kochen lassen.



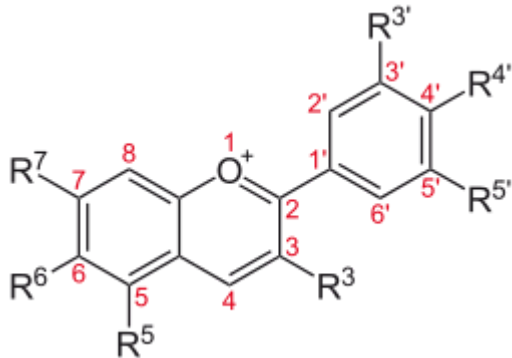
Dyeing wool with tumeric



Das Video "Färben mit Kurkuma" illustriert die im Text beschriebene Versuchsdurchführung.

Färben mit Beize (Rotkohl)

- Pflanze: *Brassica oleracea* convar. *capitata* var. *rubra*
- Zum Färben verwendeter Teil: Blätter
- Farbstoff: Anthocyane



Das Gewicht des Kohls muss etwa das 60-fache des Gewichts des Gewebes ausmachen.

Materialien und Chemikalien

- Handschuhe
- Rotkohl
- Alaunpulver (hydratisiertes doppeltes Aluminium-Kaliumsulfat-Salz)
- Kaliumhydrogentartrat (Felsalaun (Aluminiumkaliumsulfat, das ein echtes Ätzmittel ist) wird zu 10-15 Massenprozent und Kaliumhydrogentartrat, das die durch das Ätzen gehärtete Wolle aufweicht, zu 5 Massenprozent verwendet. Die Prozentangaben beziehen sich auf die zu behandelnde Trockenwolle. Das heißt, für 100 g trockene Wolle werden 10-15 g Alaun und 5 g Kaliumhydrogentartrat benötigt).
- Wasser
- Gewaschene Wolle
- Topf aus rostfreiem Stahl
- Schüsseln aus rostfreiem Stahl

Das Beizen der Wolle

Dieses Verfahren wirkt auf die Wolle bzw. allgemein auf die Naturfaser. Die wasserlöslichen Farbstoffe im Bad werden dauerhaft und unauslöschlich auf den Fasern fixiert.

Dieser Prozess wird als Beizenfärbung bezeichnet. Sie ist das wichtigste Verfahren zur Vorbereitung der Fasern auf die Farbaufnahme und trägt dazu bei, dass die Farben besonders haltbar und langlebig sind. Wenn Sie

das Material, das Sie natürlich färben wollen, nicht beizen, wäscht sich die Farbe aus, wenn Sie den Färbeprozess beenden.

Verfahren zum Beizen

1. Vor dem Ätzen: Die zuvor gewaschene Wolle drei Minuten in Wasser einweichen
2. Alaun und Weinstein in den oben genannten Mengenverhältnissen abwiegen
3. Etwa 200 ml Wasser in einem kleinen Topf zum Erhitzen bringen
4. 15 g Alaun und 5 g Weinstein in 200 ml Wasser einrühren und auflösen
5. 2-3 l Wasser pro 100 g trockener Wolle in einen größeren Topf füllen, die Ätzlösung hinzugeben und die nasse Wolle eintauchen
6. Eine Stunde lang köcheln lassen und häufig umrühren.
7. Die Wolle in der Ätzlösung abkühlen lassen
8. Die Wolle sehr gut mit kaltem oder warmem Wasser ausspülen.

Die verwendeten Behälter müssen aus rostfreiem Stahl bestehen. Aluminium wird nicht empfohlen, da es die Farben verändern kann.

Verfahren zum Färben

Den Rotkohl in dünne Streifen schneiden. Einen Topf mit Wasser auf 60 °C erhitzen.

Den Rotkohl in den Topf geben und ihn etwa 30-40 Minuten lang erwärmen, um die Anthocyane aus dem Gemüse zu extrahieren. Wenn das Wasser zu kochen beginnt, den Topf für einen Moment vom Herd nehmen.

Wenn der Rotkohl kocht, wird ein Teil des potenziellen Farbstoffs zerstört!

1. Die Kochflüssigkeit des Rotkohls abseihen und in einen anderen Topf gießen.
2. Die gebeizte Wolle in den Topf mit dem gefärbten Wasser geben und die Wolle vorsichtig nach unten drücken, damit sie eintaucht. Die Wolle im Topf vorsichtig zusammendrücken, um sicherzustellen, dass alle Fasern das Färbewasser aufnehmen.
3. Die Hitze auf mittlere bis niedrige Stufe stellen und die Wolle eine Stunde lang im Topf einweichen lassen. Es ist **sehr wichtig, dass das Wasser in diesem Schritt nicht kocht.**
4. Die Wolle aus dem Farbbad nehmen und sie vorsichtig ausspülen
5. Die Wolle verteilen und über Nacht trocknen lassen

Die Farbe des Rotkohls variiert je nach pH-Wert und Gewebe.

Bei einem sauren pH-Wert entsteht eine rötliche Farbe, während bei einem basischen pH-Wert eine grünlich-blaue Farbe entsteht.

In unserem Fall ist die Wolle hellviolett geworden, wie auf dem Foto zu sehen ist.



Dyeing wool with red cabbage



Das Video "Färben mit Beize (Rotkohl)" illustriert die im Text beschriebene Versuchsdurchführung.

Rückgewinnung von Schwermetallen aus Wasser

Ein Beispiel für eine alternative Verwendung von Wolle ist die Fähigkeit, Metallionen aus Wasser zu adsorbieren und wiederzugewinnen. Die Fähigkeit von Wolle, Kupfer zu adsorbieren, lässt sich mit einem Teststreifen oder einer einfachen kolorimetrischen Reihe quantifizieren.

Erprobung der Fähigkeit von Wolle, Schwermetalle zu adsorbieren

In den letzten Jahren wurden die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten von Wolle untersucht. Insbesondere wurde festgestellt, dass Wolle zur Sanierung von mit Schwermetallen kontaminierten Böden verwendet werden kann. Die Verwendung von Wolle in diesem Sinne hätte einen doppelten Zweck: Sie würde zur Beseitigung von überschüssiger Wolle beitragen und ein völlig natürliches Material verwenden.

Materialien und Chemikalien

- Wolle
- Kupfersulfatlösung ($c = 1,25 \text{ mmol/L}$)
- 2 Kupferteststreifen
- 2 Bechergläser (50 mL)
- Glasstab
- Handschuhe
- Schützender Laborkittel
- 7 Reagenzgläser
- Kupfer-Teststreifen

Verfahren

Das Tragen einer Schutzbrille und eines Laborkittels wird empfohlen.

Je 20 ml der Kupfersulfatlösung in 2 Bechergläser gießen

Ein Becherglas wird als Referenz dienen. Ein Stück Wolle in das zweite Becherglas geben, umrühren, damit es von der Lösung durchtränkt wird, und ein paar Stunden warten.

Auf eventuelle Farbunterschiede in der Wolle und in der Lösung achten!

Anhand der weißen Farbe der Wolle lässt sich die Adsorption von Cu^{2+} -Ionen erkennen.



© Science on Stage
Füllen eines Bechers mit Wolle und Kupfersulfatlösung

Bestimme die Kupfermenge mit Streifen

Einen Kupfer-Teststreifen verwenden, um die Kupfermenge in jedem Becher zu bestimmen.

Die Streifen in die Lösungen legen, etwa 20 Sekunden warten und die Färbung beobachten.

Anhand der Farbveränderung der verschiedenen Lösungen lässt sich die Veränderung der Kupferkonzentration in Gegenwart der Wolle feststellen.

Ergebnisse

In dem Becherglas ohne die Wolle ist der Streifen intensiv violett gefärbt, was auf eine hohe Kupferkonzentration hinweist.

In dem Becherglas mit der Wolle ist der Streifen rot gefärbt, was auf eine niedrige Kupferkonzentration hinweist.

- **Lösungen:** Kupfersulfatlösung
- **Färbung der Streifen:** Violett
- **Konzentration der Lösung:** 1,25 mmol/L

- **Lösungen:** Lösung von Kupfersulfat und Wolle
- **Färbung der Streifen:** Sehr helles Rosa
- **Konzentration der Lösung:** 10-20 mg/l (die Farbe und folglich die Konzentration hängen auch von der Reaktionszeit ab)

Quantifizierung der Kupfermenge durch Kolorimetrie

Um die Kupfermenge in der Lösung zu messen, können halbquantitative Teststreifen für Kupferionen verwendet und eine spektroskopische Reihe wie folgt erstellt werden:

Fünf Reagenzgläser mit verdünntem Kupfer(II)-sulfat gemäß der folgenden Tabelle vorbereiten. Die Lösungen müssen gut gemischt sein.

Rohrnummer	1	2	3	4	5
Volumen der Kupfer(II)-sulfatlösung [cm³]	8	6	4	2	0
Volumen des gereinigten Wassers [cm³]	2	4	6	8	10

10 cm³ der Kupferlösung aus den zwei Bechergläsern (das Becherglas mit der Wolle und das andere ohne Wolle) in ein zwei weitere Reagenzgläser gießen.

Jetzt wird die Farbe des Reagenzglases aus dem Experiment A (Absorption von Cu²⁺ aus Wolle) mit denen aus der spektroskopischen Reihe verglichen. Welche Farbe stimmt am besten überein?

Diskussion

1. Welche Färbung nahm die Wolle an, nachdem sie in Kupfersulfat getränkt wurde? Warum?

Die Wolle erscheint grau/blau, weil sie Cu²⁺-Ionen adsorbiert hat.

2. Ermittle die Menge an Kupfer, die von der Wolle während der Inkubationszeit aufgenommen wurde.

Die Menge an Kupfer kann durch Vergleich der Farben der Streifen geschätzt werden.

3. Bist du der Meinung, dass die Zeit eine Variable ist, die bei der Beurteilung der Absorptionsfähigkeit der Wolle berücksichtigt werden muss? Wie könntest du dies überprüfen?

Wiederholen Sie den Versuch, indem Sie verschiedene Streifen zu unterschiedlichen Zeiten in die Lösung tauchen.

4. Entwirf ein Experiment, um die Menge an Wolle zu messen, die benötigt wird, um eine bestimmte Menge an Kupfer zu absorbieren, oder wiederhole das Experiment, indem du Becher mit unterschiedlichen Mengen an Wolle verwendest, die zuvor in denselben Kupferkonzentrationen abgewogen wurden.

Autor*innen von **Die 3 Rs – Produkte der Zukunft** : Anders Florén (SE), Iro Koliakou (GR), Maria Zambrotta (IT)

Links zum Weiterleiten an Ihre Schüler*innen

1. Alle Videos (<https://www.science-on-stage.de/keratin-videos>)

Weiteres Unterrichtsmaterial

Die Unterrichtseinheit 'Farbchemie mit dem Smartphone' verrät, wie Schülerinnen und Schüler mit dem Smartphone den genauen Kupferanteil einer Lösung ermitteln können: www.science-on-stage.de/farbchemie (<https://www.science-on-stage.de/farbchemie>)

Quellen und Verweise

1. "[Green hydrolysis conversion of wool wastes into organic nitrogen fertilizers](https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4522) (https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4522)" LIFE12 ENV/IT/000439. LIFE+GREENWOOLF 2016 (Juli 2022)
2. Claudio Tonin, [Ricerca e innovazione per nuovi \(ri\) utilizzi della lana: il progetto LIFE + GREENWOLF](http://docplayer.it/24430252-Ricerca-e-innovazione-per-nuovi-ri-utilizzi-della-lana-il-progetto-life-greenwoolf.html), 48 CNR ISMAC (<http://docplayer.it/24430252-Ricerca-e-innovazione-per-nuovi-ri-utilizzi-della-lana-il-progetto-life-greenwoolf.html>), 2015. (Juli 2022)
3. <https://www.textileschool.com/330/microscopic-appearance-of-fibres> (<https://www.textileschool.com/330/microscopic-appearance-of-fibres/>) (Oktober 2022)
4. Dr, I. Fergani "[Proprietes physicochimiques des proteines](http://univ.education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/bioch1an_poly_proprietes_proteines2017fergani.pdf) (http://univ.education.com/uploads/1/3/1/0/13102001/bioch1an_poly_proprietes_proteines2017fergani.pdf)" Universite 3 Constantine Faculte de medicine department de medicine 1 ere annee medicince 2017 (Juli 2022)
5. Weitere Informationen zum Schafbestand und zur Wollproduktion finden Sie hier: "[World sheep numbers & wool production](https://iwto.org/wp-content/uploads/2022/04/IWTO-Market-Information-Sample-Edition-17.pdf)" (<https://iwto.org/wp-content/uploads/2022/04/IWTO-Market-Information-Sample-Edition-17.pdf>)" IWTO Market Information Ed.17 (Juli 2022).

Zurück zu "Die 3 Rs – Produkte der Zukunft" (/material/die-3-rs-produkte-der-zukunft)