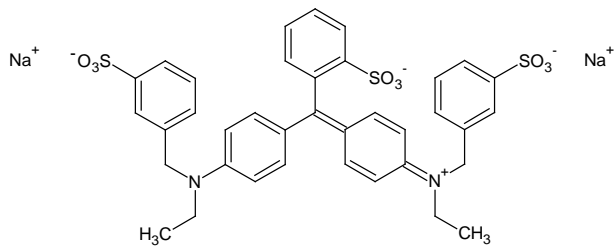


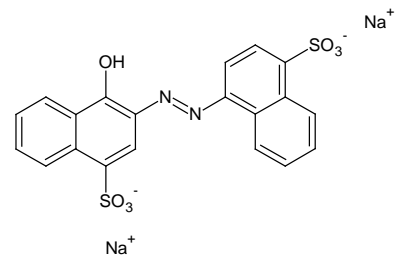
Gruppe 12 – vorgegebener Versuch

Farbstoff mit dem Wollfaden isolieren

Strukturformeln:



Brillantblau FCF (E 133)



Azorubin (E 122)

Zeitbedarf:

Vorbereitung: 20 min
 Versuchsdurchführung: 1 h
 Nachbereitung: 10 min

Chemikalien:

| Chemikalien | Summenformel | Menge | R-Sätze | S-Sätze | Gefahrensymbole | Schuleinsatz (HessGiss) |
|---------------------------|--------------------------------|-----------------|---------|------------|-----------------|-------------------------|
| Wollfäden (Schurwolle) | - | 2 Stück (60 cm) | - | - | - | S 1 |
| Petrolether | - | 10 mL | 11 | 9-16-29-33 | F | S 1 |
| Phosphorsäure (w= 25 %) | H ₃ PO ₄ | 40 mL | 34 | 26-45 | C | S 1 |
| Ammoniak-Lösung (w = 2 %) | NH ₃ · aq | 10 mL | - | - | - | S 1 |

| | | | | | | |
|---------------------|---|-------|---|---|---|-----|
| Powerade® (blau) | - | 10 mL | - | - | - | S 1 |
| Powerade® (rot) | - | 10 mL | - | - | - | S 1 |

Geräte und Materialien:

- 3 x Porzellanschale
- Pinzette
- Messzylinder
- 2 x Filterpapier
- 2 x Bechergläser (250 mL)
- Magnetrührer mit Rührfisch
- Gasbrenner
- 2 x Reagenzgläser
- Reagenzglasklammer
- Dreifuß mit Drahtnetz

Versuchsaufbau:



Abb. 1 : Phosphorsäure, Powerade® (blau/ rot), Ammoniak-Lösung und Schurwolle.



Abb. 2: Magnetrührer mit Phosphorsäure-Powerade®-Lösung und Wollfaden



Abb. 3: Brenner, Dreifuß mit Drahtnetz und Porzellanschale.

Versuchsdurchführung:

Entfetten der Wollfäden:

Es werden etwa 10 mL Petrolether in eine Petrischale gegeben und zwei etwa 30 cm lange Wollfäden in die Flüssigkeit gelegt. Dann werden die Wollfäden mit einer Pinzette für einige Minuten in dem Petrolether hin und her bewegt. Anschließend werden die Fäden aus der Schale genommen, zwischen einem Filterpapier ausgedrückt und an der Luft getrocknet.

Isolierung des Farbstoffs:

Es werden ca. 10 mL des jeweiligen Getränks (Powerade ® rot/ blau) in ein 250 mL Becherglas gegeben und mit 20 mL Phosphorsäure, sowie 80 mL entionisiertem Wasser versetzt. Zu diesem Ansatz wird mit einer Pinzette ein entfetteter Wollfaden gegeben und unter Umrühren bis zum Sieden erhitzt. Wenn der Faden den Farbstoff aufgenommen hat und die Lösung farblos geworden ist, wird der Faden aus dem Becherglas genommen und unter fließendem Wasser ausgewaschen.

Anschließend werden 3 – 5 mL einer 2 %-igen Ammoniak-Lösung mit dem Wollfaden in ein Reagenzglas gegeben. Diese Lösung wird jetzt über der Brennerflamme bis zum Sieden erhitzt (Vorsicht Siedeverzüge!). Sobald der Wollfaden nur noch schwach gefärbt ist, wird die angefärbte Lösung in eine Porzellanschale dekantiert und durch erneutes Erhitzen mit dem Brenner auf die Hälfte ihres Volumens eingengt.

Beobachtungen:

Nach Zugabe der Phosphorsäure färbte sich die blaue Lösung türkisfarben. Die rote Lösung behielt auch nach Zugabe der Phosphorsäure denselben Farbton.

Nach Zugabe des Wollfadens und dem Erhitzen der Lösung nahm der Wollfaden vollständig den Farbstoff auf. Nun lag jeweils eine klare, farblose Lösung vor. Die Wollfäden waren intensiv türkis bzw. rot gefärbt. Beim Abspülen der gefärbten Wollfäden unter dem fließenden Wasser behielten die Fäden ihre intensive Färbung.

Beim Zusammengeben des Wollfadens und der wässrigen Ammoniaklösung blieb die Lösung zunächst farblos und klar. Sobald die Flüssigkeit zu sieden begann färbte sich die Lösung in der entsprechenden Farbe des Wollfadens. Dabei wurde die Färbung des Fadens deutlich schwächer.

Nach dem Einengen der gefärbten Lösung in einer Porzellanschale blieb der Farbstoff als Konzentrat zurück. Das Konzentrat wies eine intensive Türkis- bzw. Rotfärbung auf.



Abb. 4: Türkis- und rotgefärbter Wollfaden.



Abb. 5: Isolierte Farbstoffe bei der Einengung zum Extrakt.

Entsorgung:

Die Phosphorsäure-Lösungen, die Reste der Ammoniak-Lösung und die Farbstoffkonzentrate wurden zusammengegeben, neutralisiert und in den Ausguss entsorgt. Der verwendete Petrol-ether wurde in den Sammelbehälter für Lösungsmittelabfälle gegeben. Die Wollfäden wurden im normalen Abfall entsorgt.

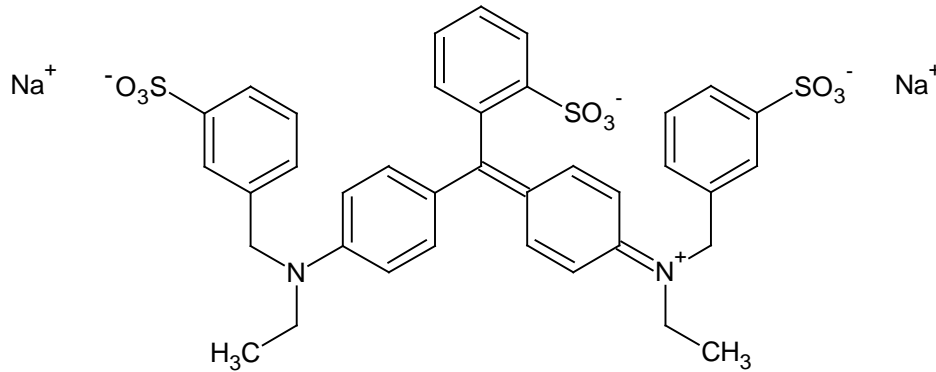
Fachliche Analyse:

Aus der modernen Lebensmittelindustrie ist der Einsatz von Farbstoffen nicht mehr wegzudenken. Farbstoffe, die für den Verzehr freigegeben sind und als gesundheitlich unbedenklich gelten, werden als Lebensmittelfarbstoffe bezeichnet. Hierbei werden die natürlichen von den synthetischen Farbstoffen unterschieden. Ihre Funktion in den Lebensmitteln ist einfach. Wichtige Kaufkriterien für Verbraucher sind nach wie vor Frische und Qualität. Aufgrund von Verpackung und der fehlenden Möglichkeit, die Ware im Supermarkt probieren zu können, muss sich der Kunde im Wesentlichen auf seinen optischen Sinn verlassen. Das optische Erscheinungsbild der Ware ist häufig das Hauptkriterium für die Kaufentscheidung. Durch den Einsatz der Lebensmittelfarbstoffe wird versucht die Produkte qualitativ hochwertig und frisch erscheinen zu lassen, um so einen Kaufimpuls zu setzen.

Damit jeder Verbraucher selbst entscheiden kann, ob er Lebensmittel mit zugesetzten Farbstoffen konsumieren möchte, ist die Verwendung von Farbstoffen in der Lebensmittelindustrie kennzeichnungspflichtig. Hierbei macht es keinen Unterschied, ob es sich um einen natürlichen oder synthetischen Farbstoff handelt. Die Kennzeichnungspflicht umfasst alle zulässigen Farbstoffe. Da es sich bei den Farbstoffen um Zusatzstoffe handelt, die nicht zu den charakteristischen Zutaten der jeweiligen Produkte zählen, werden sie im Rahmen eines europaweiten Kennzeichnungssystems erfasst. Hierbei wird jedem Farbstoff eindeutig eine Nummer zugeordnet, der der Großbuchstabe „E“ vorangestellt ist. Der Farbstoff beta-Carotin wird somit als „E 160“ auf der Lebensmittelverpackung angegeben.

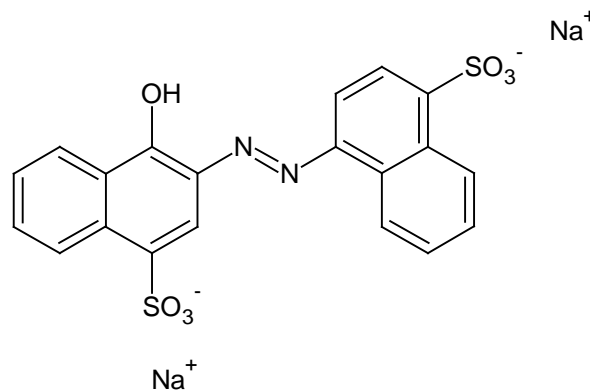
Das beta-Carotin zählt zur Gruppe der Carotine. Sie sind ein Beispiel für natürliche Farbstoffe. Carotine sind in tiefgelben bis roten Pflanzen wie Karotten, Orangen, Paprika, usw. enthal-

ten und können aus diesen isoliert werden. Die so isolierten Farbstoffe werden dann zum Einfärben anderer Lebensmittel wie z. B. Fruchtsäften, Butter oder Süßigkeiten verwendet. Neben den natürlichen Farbstoffen gibt es auch eine Reihe an synthetischen Farbstoffen, die als Lebensmitteltauglich gelten. So wird der Triphenylmethanfarbstoff Brillantblau FCF (E 133), zum Färben von Süßigkeiten und Erfrischungsgetränken verwendet.



Brillantblau FCF (E 133)

Den gleichen Verwendungszweck findet das Azorubin (E 122), das ebenfalls ein synthetischer Farbstoff ist. Mit seiner N-N-Doppelbindung zählt es zur Gruppe der Azofarbstoffe.



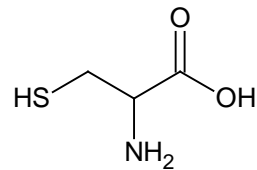
Azorubin (E 122)

Diese Farbstoffgruppe stellt einen großen Teil der Lebensmittelfarbstoffe dar. Da viele Azofarbstoffe, die früher als Lebensmittelfarbstoffe eingesetzt wurden cancerogen sind, haben sie zu einem schlechten Ruf der synthetischen Farbstoffe beigetragen.

Die beiden synthetischen Farbstoffe weisen mehrere polare Sulfonsäure-Gruppen auf. Damit haben sie polare Eigenschaften und sind unter anderem wasserlöslich. Aufgrund dieser Sulfonsäure-Gruppen ist es möglich das Brillantblau FCF und das Azorubin mit Hilfe von Schurwolle aus einer sauren, wässrigen Lösung zu extrahieren.

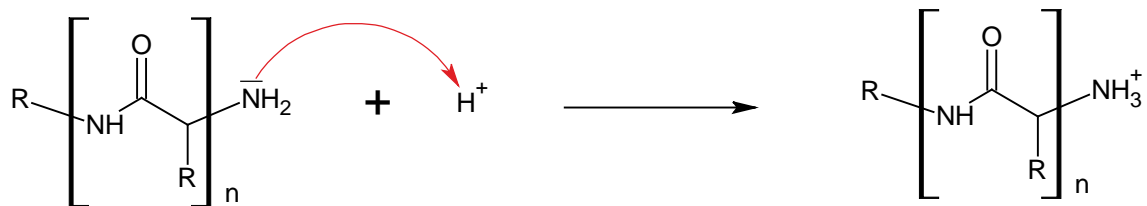
Bei Schurwolle handelt es sich um die klassische Schafwolle. Da Schurwolle, trotz Nachbehandlung sehr fetthaltig ist, werden die Lipide zunächst mit einem unpolaren Lösungsmittel aus den Fasern herausgelöst. Ein Lösungsmittel, das sich gut zu diesem Zweck eignet ist der unpolare Petrolether.

Die Wollfasern der Schurwolle bestehen hauptsächlich aus dem Faserprotein Keratin. Wie alle Proteine ist es aus unterschiedlichen Aminosäuren aufgebaut, die über Peptidbindungen miteinander verknüpft sind. Eine der wichtigsten Aminosäuren, aus denen Keratin aufgebaut ist, ist das Cystein.



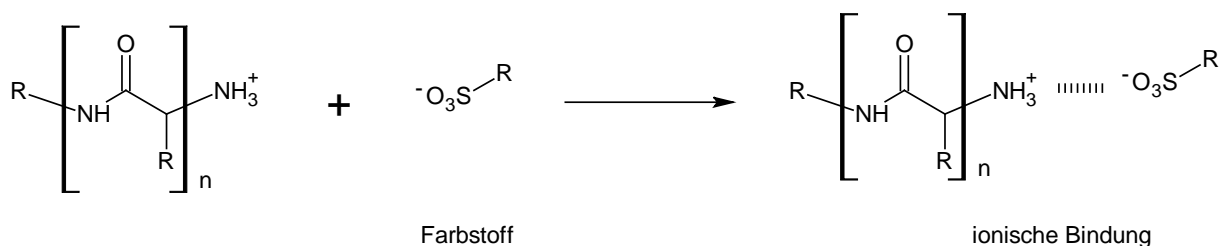
Cystein

Damit weist das Keratin eine hohe Anzahl an Amino-Gruppen auf. In Anwesenheit einer Säure wie z. B. der Phosphorsäure werden die Amino-Gruppen des Keratins protoniert, so dass sie nun einfach positiv geladen sind.



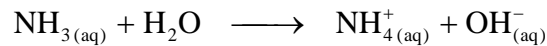
Ausschnitt aus dem Keratin

In diesem protonierten Zustand kann nun das Farbstoffmolekül mit einer Sulfonsäure-Gruppe unter der Ausbildung einer starken ionischen Bindung koppeln. Durch elektrostatische Anziehungskräfte ziehen sich Anion und Kation gleichermaßen an, bis es zur Ausbildung einer Bindung mit stark ionischen Charakter kommt. Zudem wird der Farbstoff über H-Brückenbindungen und Van-der-Waals-Kräfte an das Keratin gebunden. Dabei bietet der komplizierte Aufbau des Keratins die Möglichkeit zur Ausbildung dieser zusätzlichen Bindungskräfte.

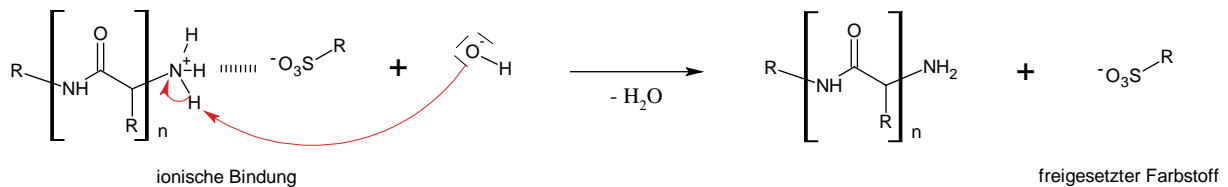


Die ionische Bindung ist so stabil, dass sie auch nicht durch ein sehr polares Solvens, wie Wasser aufgebrochen werden kann. Auf diese Weise zieht der Farbstoff tief in die Wollfasern ein und ist dort fest mit dem Keratin verbunden.

Um den reinen Farbstoff nun wieder aus der Wollfaser freizusetzen, wird eine Base benötigt. Zu diesem Zweck kann eine wässrige ammoniakalkalische Lösung verwendet werden. Durch das Ammoniak kommt es zur Bildung von Ammonium- und Hydroxid-Ionen.



Das Hydroxid-Ion ist eine starke Base und fängt mit seinem freien Elektronenpaar ein Proton des positiv geladenen N-Atoms ab. Dadurch kommt es zur Aufhebung des kationischen Charakters des Keratins und damit zum Bindungsbruch der ionischen Bindung. Zudem wird ein Wassermolekül gebildet. Die Reaktionsgeschwindigkeit kann durch Zufuhr von Wärme erhöht werden.



Der freigesetzte Farbstoff ist aufgrund seiner Sulfonsäure-Reste wasserlöslich und geht sofort in Lösung. Durch Eindampfen der wässrigen Farbstoff-Lösung kann die Konzentration an Farbstoff im Lösungsmittel erhöht werden. Der Farbstoff steht nun für weitere Verwendungszwecke zur Verfügung.

Methodisch-didaktische Analyse:

1. Einordnung

Der Versuch kann wie folgt in die Themengebiete des hessischen Lehrplans (G8) eingebettet werden.

| Jahrgangsstufe u. Unterrichtseinheit | Themengebiet |
|--------------------------------------|---|
| 7G.1 | <u>Trennverfahren für Stoffgemische:</u> Homogene und heterogene Stoffsysteme; Labortechniken anwenden: Destillation, Filtration. Weitere Beispiele zur Auswahl: Abdampfen, Abscheiden, Extraktion, Chromatographie). |
| 8G.3 | <u>Ionenbindung:</u> Eigenschaften von Ionenverbindungen kennzeichnen; Ionengitter als Strukturmodell zur Deutung einsetzen. |
| 9G.1 | <i>Fakultativ:</i> <u>Eigenschaften molekularer Stoffe:</u> Struktur-Eigenschafts-Beziehungen: weitere Beispiele für permanente Dipole; Schmelztemperatur, Siedetemperatur, Löslichkeit, Lösemittel. |
| 11G.2 | <i>Naturstoffe:</i> <u>Aminosäuren, Peptide, Polypeptide:</u> Struktur und Eigenschaften natürlicher Aminosäuren, Peptidbindung, Strukturen und |

| | |
|-------|--|
| | Strukturaufklärung von Eiweißen. |
| 11G.2 | <i>Fakultativ:</i> <u>modifizierte Naturstoffe, natürliche Fasern:</u> Seide, Wolle, Baumwolle, Papier. |
| 11G.2 | <i>Fakultativ:</i> <u>Farbstoffe:</u> Natürliche und synthetische Farbstoffe; Struktur und Lichtabsorption; Mesomerie-Modell; Textilfärbung; Färbeverfahren. |
| 12G.2 | <u>Nahrungsmittel:</u> Herstellung; Analyse; Struktur; Abbau im Organismus; Inhaltsstoffe; Zusatzstoffe; Konservierung; Beispiele: Bierbrauen; Joghurtherstellung, Milchverarbeitung, Fettgewinnung, gentechnisch erzeugte Lebensmittel. |
| 12G.2 | <u>Farbstoffe:</u> Licht und Farbe; Theorien der Farbigekeit; Einteilung der Farbstoffe nach Farbstoffklassen; Synthese von Farbstoffen; Färbetechniken; anorganische Farbmittel; pH-Indikatoren; Lebensmittel-farbstoffe; Farbfotografie; natürliche Farbstoffe und Pigmente. |

2. Aufwand

Alle verwendeten Geräte zählen zur Grundausstattung einer Chemie-Sammlung. Sollte dennoch kein Magnetrührer mit Rührfisch vorhanden sein, so kann das Phosphorsäure-Powerade-Gemisch ® auch auf einem Dreifuß mit Drahtnetz über der Brennerflamme erhitzt werden. Dabei ist es wichtig das Gemisch stetig mit einem Glasstab umzurühren.

Die benötigten Chemikalien sind sehr preiswert, so dass der Versuch keine hohen Kosten verursacht. Das Experiment ist innerhalb einer Doppelstunde durchführbar. Damit ist der Versuch gut für den Einsatz in der Schule geeignet.

3. Durchführung

Der Versuch funktioniert sehr zuverlässig. Das Entfärben der Lösung und Einfärben des Wollfadens sind auch aus größerer Entfernung zu beobachten. Die anschließende Farbstoffabgabe an die ammoniakalkalische Lösung ist praktisch nur aus nächster Nähe erkennbar. Hierbei bietet es sich an, das Reagenzglas als Demonstrationsobjekt durch die Klasse zu reichen. Auch das Einengen des Farbstoffes über der Brennerflamme kann nur direkt am Versuchsgeschehen beobachtet werden. Hier kann das eingeengte Farbstoffkonzentrat ebenfalls als Demonstrationsobjekt heringereicht werden.

Alle benötigten Chemikalien sind laut HessGiss für Schülerexperimente ab der Sekundarstufe I freigegeben. Das Experiment kann somit auch gut als Schülerversuch durchgeführt werden. Für die Durchführung als Schülerversuch ist darauf zu achten, dass es beim Erhitzen der Lösungen im Reagenzglas schnell zu Siedeverzügen kommen kann. Für ungeübte Schüler ist hierdurch ein erhöhtes Verletzungsrisiko gegeben.

Literatur:

- Versuchsvorschrift aus: **Naturwissenschaften im Unterricht**, 3/ 08, Heft 105, S. 38.
- <http://www.old.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/lebensmittelfaerben/lebensmittelfaerben.htm#3>; Zugriff: 28.07.09.
- http://www.chids.de/dachs/expvotr/686Gummibaerchen_Eichler.doc; Zugriff: 28.07.09.
- Charles E. Mortimer, Ulrich Müller, **Chemie, das Basiswissen der Chemie**, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003.
- **HessGiss-Datenbank**, V 11.0 – 2006/2007.
- www.dguv.de, **GESTIS-Stoffdatenbank**, 2009, Zugriff: 12.07.09.
- **Lehrplan Chemie, Gymnasialer Bildungsgang, Jahrgangsstufen 7G bis 12G**, Hessisches Kultusministerium 2008.