

Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts

WS 08/09

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent: Jan Schäfer

Name: Sarah Henkel

Datum: 19.12.2008

Gruppe 12: Farb- und Wirkstoffe
Versuch: Färben mit Getränken (Assi)

Zeitbedarf

Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: 1 Stunde (Je Farbstoff-Lösung 10-15 Minuten)

Nachbereitung: 2 Minuten

Chemikalien

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Formel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schul-einsatz
Powerade [®] gelb		60 mL	-	-	-	S I
Powerade [®] rot		60 mL	-	-	-	S I
Powerade [®] blau		60 mL	-	-	-	S I
The Spirit of Georgia [®]		60 mL	-	-	-	S I
Orangencitruslimonade		60 mL	-	-	-	S I
Essig (Haushaltssig)	CH ₃ COOH	Jeweils 5 mL	-	-	-	S I
Destilliertes Wasser	H ₂ O	Jeweils 240 mL	-	-	-	S I

Geräte

- Becherglas (600 mL)
- Messzylinder (5 mL, 100 mL)

- Glasstab
- Magnetrührer (heizbar)
- Stoffproben (Wolle, Baumwolle)

Aufbau



Abb. 1: Powerade blau, rot und gelb.



Abb. 2: Orangenlimonade und The spirit of Georgia.



Abb. 3: Powerade-Lösungen nach dem Färben.



Abb. 4: Gefärbte Baumwollwatte.



Abb. 5: Gefärbte Baumwolle.



Abb. 6: Gefärbte Wolle.

Durchführung

60 mL des entsprechenden farbstoffhaltenden Getränks werden mit 240 mL Wasser und 5 mL in einem großen Becherglas gemischt. Dann wird eine Stoffprobe in die Lösung eingebracht und auf einer Heizplatte bis zum Sieden erhitzt. Nach ca. 5-10 Minuten kann das Becherglas von der Platte genommen werden. Die Stoffproben werden dann mit Wasser ausgewaschen und zum Trocknen aufgehängt.

Beobachtung

Bei den drei Powerade[®]-Getränken kam es beim Einfärben von Wolle zu einer sehr intensiven Färbung. Die Lösung dagegen verlor bei dem Färbevorgang an Farbe. Bei The Spirit of Georgia[®] ist fast gar keine Färbung zu beobachten. Die Orangenlimonade färbt die Wolle leicht gelb-orange. Alle Färbeversuche mit Baumwolle sind leider nicht geglückt, da sich die Farbe immer mit Wasser herausgewaschen hat.

Entsorgung

Die Lösungen können dem Abwasser beigegeben werden. Die Stoffproben werden entweder aufgehoben oder in die Feststofftonne entsorgt.

Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Das weiße Licht besteht aus vielen verschiedenen Wellenlängen. Wird ein Teil dieser Wellenlängen aus dem sichtbaren Bereich durch einen Stoff absorbiert, erscheint dieser Stoff farbig. Die beobachtete Farbe entspricht der Komplementärfarbe des absorbierten Spektralbereichs. Die Farbe ist also abhängig von der Absorption in einem bestimmten Wellenlängenbereich. Obwohl das Spektrum des absorbierten Lichts in nur wenige Grundfarben eingeteilt wird, ist der Mensch in der Lage über eine Million verschiedene Farbtöne wahrzunehmen. Im sichtbaren Bereich absorbieren in der Regel Kohlenstoffverbindungen, die über ein π -Elektronensystem verfügen. Dies findet besonders dann statt, wenn diese zueinander in Konjugation stehen. Langkettige ungesättigte Kohlenwasserstoffe sind schließlich nicht unbedingt farbig. Dadurch ist dann auch eine Stabilisierung über mesomere Grenzformeln möglich. Die Lichtabsorption findet allerdings nur bei der Einstrahlung von Lichtquanten mit der Energie $h\nu$ statt, wenn mit dieser Energie ein Elektron aus dem HOMO in das LUMO beför-

dert wird. Die Ursache, die es möglich macht, dass Elektronen in ein höheres Energieniveau befördert werden können, ist ein delokalisiertes π -Elektronensystem. Je stärker die π -Elektronen delokalisiert sind, desto langwelliger ist das Licht, das durch die Verbindung absorbiert wird.

Tab. 2: Lichtabsorption und Farbe. ^[7]

Absorbierte Wellenlänge in nm	„Absorbierte Farbe“	Beobachtete Farbe
380 – 460	Blau-violett	Gelb
380 – 500	Blau	Orange
440 – 560	Blau-grün	Rot
480 – 610	Grün	Purpur
540 – 650	Orange	Blau
380 – 420 und 610 – 700	Purpur	Grün

Leonardo da Vinci (1452 – 1519) beschrieb schon früh die Zerlegung des Lichtes in die Spektralfarben. 1672 konnte Sir Isaac Newton (1642 – 1727) dies mit einem Glasprisma wissenschaftlich nachweisen. Der Maler und Kupferstecher Jakob Christof Le Blon (1667 – 1741) erkannte 1730, dass alle Farbe durch additive Mischung der drei Grundfarben erzeugt werden können. 1807 stellte Thomas Young (1773 – 1829) dazu die Theorie der drei Grundempfindungen auf. Diese wiederum wurde 1852 von Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821 – 1894) weiterentwickelt.

Der Chemiker Otto Nikolaus Witt (1853 – 1915) stellte 1876 eine Farbtheorie auf, in der es heißt, dass Farben durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Atomgruppen zustande kommen. Er unternimmt eine Einteilung der Farbstoffmoleküle in zwei strukturelle Gruppen, die chromophore und die auxochrome Gruppe. Dabei bezeichnet die chromophore Gruppe die farbtragende Gruppe, welche sich aus dem delokalisierten π -Elektronensystem zusammensetzt und die auxochrome Gruppe die farbverstärkende Gruppe, welche aus Substituenten mit freien Elektronenpaaren besteht, die eine Verstärkung der Delokalisation hervorrufen. Durch die auxochromen Gruppen wird eine Verschiebung der Absorption in den länger welligen Bereich erreicht. Diese Erscheinung bezeichnet man auch als Bathochromie. Als auxochrome Gruppen sind folgende Gruppen wirksam: $-\text{NR}_2$, $-\text{NHR}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OCH}_3$, $-\text{Halogen}$, $-\text{OH}$.

Farbstoffe werden nach verschiedenen Kriterien unterteilt. Ein Kriterium richtet sich nach dem Verhalten zur Faser beim Färben. Es wird unterschieden zwischen basischen Farbstoffen, sauren Farbstoffen, Direktfarbstoffen, Beizenfarbstoffen, Reaktivfarbstoffen, Küpenfarbstoffen, Metallkomplexfarbstoffen, Dispersionsfarbstoffen und Pigmentfarbstoffen. Die Gruppe der sauren Farbstoffe besitzt vor allem Carboxyl-, Hydroxyl- und Sulfonsäure-Gruppen als funktionelle Gruppen am Molekül. Sie können also als Brönsted-Säuren reagieren. Die Stoffe Wolle und Seide lassen sich in diesen Farbstoff-Lösungen gut anfärben. Dies liegt daran, dass die Fasern von Wolle und Seide Proteine sind, die aus Aminosäuren aufgebaut sind und dementsprechend freie Aminogruppen und Carboxylgruppen haben. Normalerweise liegen diese als Ammonium- und Carboxylat-Ionen vor, doch wird die Faser im sauren Färbebad gefärbt, werden die Carboxylat-Ionen von der Säure protoniert. Die Faser ist somit insgesamt positiv geladen. An die positiv geladene Ammonium-Gruppe binden Säureanionen, die durch den Färbvorgang verdrängt werden, sodass Farbstoff-Anionen an die positiven Teile der Faser binden. Durch eine Ionenbindung wird der Farbstoff auf der Faser fixiert. Baumwolle lässt sich nicht auf diese Weise färben, da sie fast zu 100 % aus Cellulose besteht und Cellulosefasern allgemein nicht mit Säurefarbstoffen gefärbt werden können. Dies liegt daran, dass die Hydroxyl-Gruppen der Cellulose im sauren Medium nicht protoniert werden. Eine schwache Färbung kann bei Cellulosefasern nur dann hervorgerufen werden, wenn der Farbstoff hochkonzentriert ist und sich durch die hohe Konzentration Farbstoffmoleküle in die Zwischenräume der Cellulose einlagern und dort verankert bleiben.

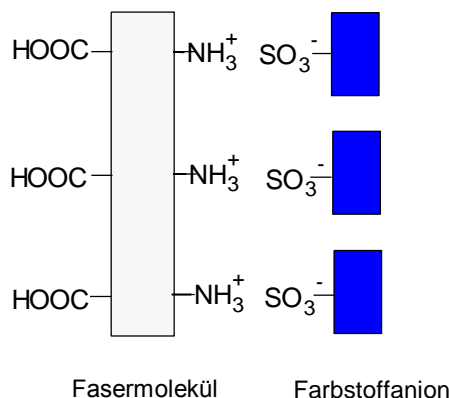


Abb. 7: Bindung zwischen Farbstoff und Faser.

Bei den in den Getränken eingesetzten Lebensmittelfarben handelt es sich bei der Oranglimonade um den natürlichen Farbstoff β -Carotin, bei Powerade blau um Brillantblau FCF (E 133), einen Triphenylmethanfarbstoff, bei Powerade gelb um Chinolingelb (E 104), einen

Chinolinfarbstoff und bei Powerade rot um Carmoisin (auch Azorubin) (E 122), einen Azo-

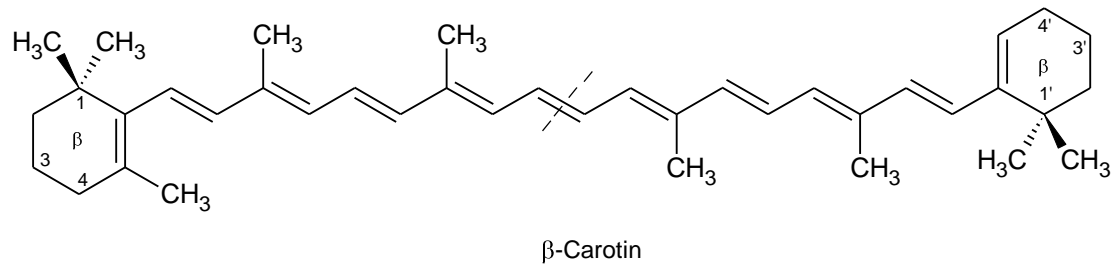


Abb. 8: Strukturformel von β-Carotin.

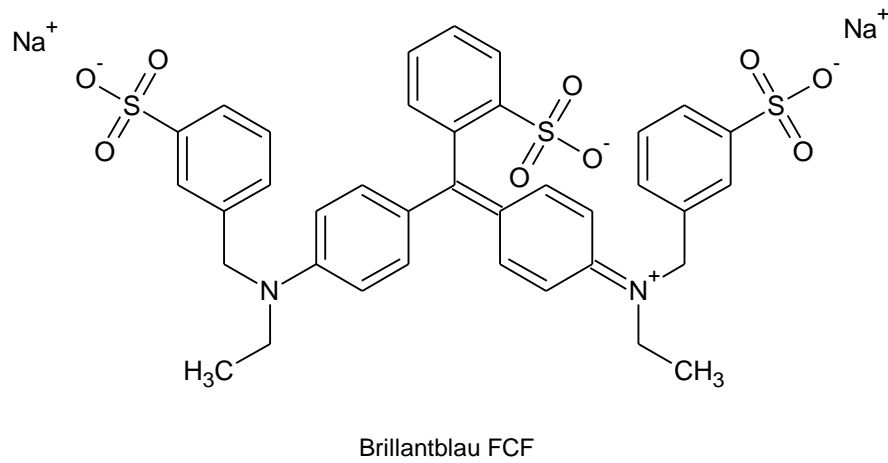


Abb. 9: Strukturformel von Brillantblau FCF.

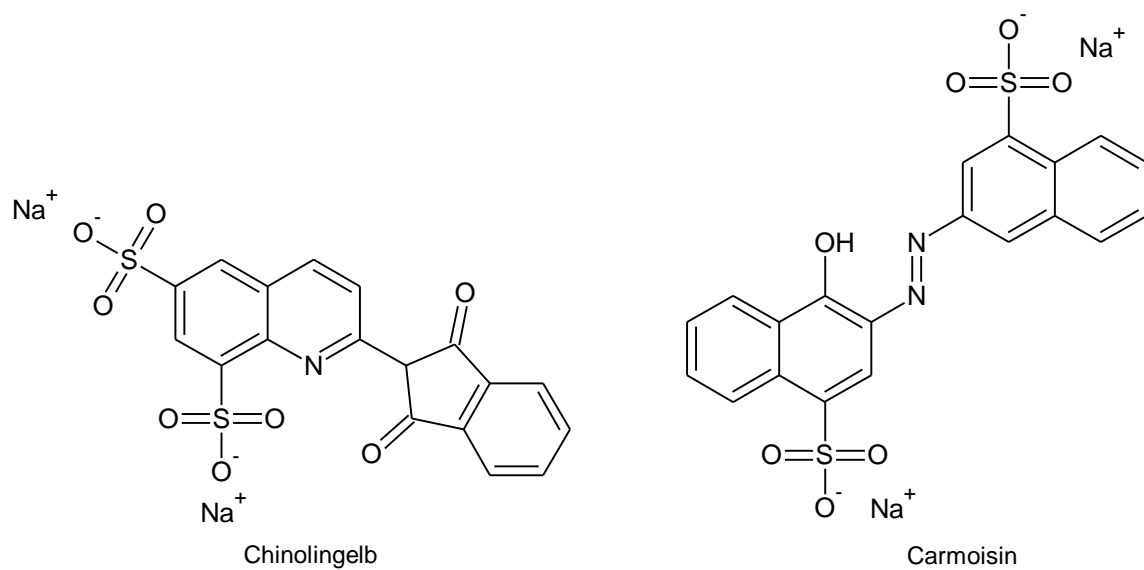


Abb. 10: Strukturformel von Chinolingelb.

Abb. 11: Strukturformel von Carmoisin.

Anhand der Strukturformeln ist deutlich zu erkennen, warum mit allen drei Powerade-Getränken eine sehr gute Färbung mit Wolle stattgefunden hat. Die Orangenlimonade, die aus β -Carotin besteht, war nicht so gut zu Färben geeignet. Es sind keine Sulfonsäure-Gruppen enthalten, die als Farbstoff-Anion wirken könnten. The Spirit of Georgia enthält keine künstlichen Farbstoffe und ist, wie nach dem Versuch zu sehen war, nicht zum Färben geeignet.

Diese genannten Farbstoffe dürfen alle als Lebensmittelfarben eingesetzt werden. Sie müssen mit den Bezeichnungen E 100 – E 180 und E 579 sowie E 585 gekennzeichnet werden. Diese Farbstoffe sind durch diese Nummerierung in der Liste des Lebensmittelgesetzes aufgenommen. Mit Lebensmittelfarben werden Lebensmittel, die weniger appetitlich aussehen gefärbt, um sie dem Käufer schmackhafter zu machen. Durch dieses Färben wird jedoch ein Eindruck von guter Qualität provoziert, der nicht stimmt. Grundsätzlich sollen diese Stoffe nicht gesundheitsschädlich sein, doch manche ähneln den giftigen Azofarbstoffen, die gesundheitsschädlich sind. Ein solches Gesetz gibt es jedoch noch nicht immer. Früher wurden Lebensmittel mit allen möglichen Farben gefärbt, um sie ansehnlicher aussehen zu lassen. Darunter waren auch Farbstoffe, die Schwermetallsalze enthielten. Aufgrund von Vergiftungen durch diese Farbstoffe, wurde 1949 in Deutschland die „Fachkommission zur Bearbeitung des Lebensmittelfarbstoff-Problems“ gegründet. Heute sind nur noch 16 synthetische (hauptsächlich wasserlösliche Azofarbstoffe) und 9 Naturfarbstoffe zugelassen.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung

Der Versuch ist im Wahlthema „Angewandte Chemie“, das in der Jahrgangstufe 12 im zweiten Halbjahr durchgeführt werden kann, anzusiedeln. Bei diesem Thema soll es um den Zusammenhang zwischen Licht und Farbe sowie die Theorien der Farbigkeit gehen. Im Hinblick auf die Einteilung in natürliche und synthetische Farbstoffe lassen sich Unterteilungen in Stoffklassen aufzeigen. Mit diesem Versuch wird ein weiterer Teilbereich der Farbstoffe abgedeckt – die Lebensmittelfarbstoffe. Zuvor lernen die Schüler nur, dass es Farbstoffe gibt, wie diese aussehen und warum sie farbig erscheinen. Weiterhin könnten verschiedene Färbetechniken besprochen werden. Beim „Färben mit Getränken“ wird zum einen gezeigt, dass in den verwendeten Getränken zum Teil Farbstoffe enthalten sind und dass diese zum anderen auch für das Färben von Stoffen eingesetzt werden können. Die Schüler sollen hiermit lernen, dass Farbstoffmoleküle an die Fasermoleküle angelagert werden und diese damit einfärben.

2 *Aufwand*

Da keine besonderen Materialien verwendet werden und auch die „Chemikalien“ in der Anschaffung nicht so teuer sind, ist damit kein größerer Aufwand verbunden. Zeitlich gesehen kommt es darauf an, wie viele verschiedene Farbstoff-Lösungen angesetzt werden und gleichzeitig erhitzt werden können. In der Regel benötigt man pro Farbstoff-Lösung eine viertel Stunde, da die Lösung zum Sieden gebracht werden muss, die Stoffprobe dann 5-10 Minuten in der Lösung bleiben soll und dann zum Trocknen aufgehängt werden muss. Bei der Färbung eines Stoffes mit nur einer Farbstoff-Lösung ist der Versuch problemlos in einer Einzelstunde durchzuführen.

3 *Durchführung*

Da keine gefährlichen Chemikalien verwendet werden, ermöglicht dies eine Durchführung des Versuchs als Schülerversuch. Es bietet sich an, die Schüler in kleine Gruppen einzuteilen und den Gruppen dann ein Getränk zuzuteilen. Jede Gruppe erhält zudem noch eine Heizplatte, ein Becherglas und, einen Glasstab und ein paar Stoffproben. Nach etwa 15-20 Minuten, die insgesamt für die praktische Durchführung eingeplant werden sollten, da es immer langsamere Gruppen gibt, sollte eine Theoretische Auswertung des Versuchs erfolgen. Der Lehrer sollte zunächst die Schüler überlegen lassen, warum manche Stoffe mit den Getränken gefärbt werden können und andere wiederum nicht. Dann sollten die wichtigen funktionellen Gruppen von Fasern und Farbstoff-Molekülen besprochen werden. Dabei ist es nicht notwendig, die Schüler komplizierte Farbstoff-Moleküle von der Tafel abmalen zu lassen, sondern nur auf die entscheidenden Funktionen einzugehen.

Literatur

- [1] NiU 19/2008 Heft Nr. 105. Seite 41.
- [2] Soester Liste. Version 2.7.
- [3] Hessischer Lehrplan: Chemie. 2008.
- [4] Beyer, Walter: Lehrbuch der Organischen Chemie. 24., überarbeitete Auflage mit 155 Abbildungen und 24 Tabellen. S. Hirzel Verlag. Stuttgart **2004**.
- [5] Bruice, Paula Y.: Organische Chemie. 5., aktualisierte Auflage. Pearson Studium. München **2007**.
- [6] Gossauer, Albert: Struktur und Reaktivität der Biomoleküle. Eine Einführung in die Organische Chemie. WILEY-VCH. Zürich **2006**.

- [7] Hornung, Jessica: Experimentalvortrag. Lebensmittelfarben. SoSe 1998.
http://www.chids.de/dachs/expvotr/622Lebensmittelfarben_Hornung_Scan.pdf.
(07.01.2009).
- [8] Powerade: Produkte. <http://www.powerade.ch/flash/produkte.swf>. ((07.01.2009).
- [9] Wikipedia: Chinolingelb. Strukturformel.
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chinolingelb.svg>. (07.01.2009).
- [10] Wikipedia: Brillantblau FCF. Strukturformel.
http://de.wikipedia.org/wiki/Brillantblau_FCF. (07.01.2009).
- [11] Paatsch, Thomas: Contrat GmbH. Grundinformation. Lebensmittelfarbstoffe.
<http://www.enius.de/leben/lebensmittelfarbstoffe.html>. (07.01.2009).