

# Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts

WS 08/09

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent: Jan Schäfer

Name: Sarah Henkel

Datum: 12.12.2008

Gruppe 10: Amine, Aminosäuren und Peptide

Versuch: Blondieren verschiedener Haare (Assi)

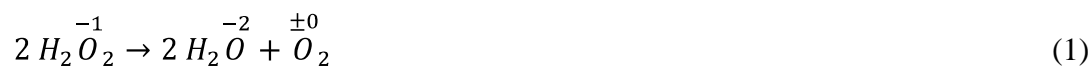
## Zeitbedarf

Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: 1 - 2 Stunden

Nachbereitung: 20 Minuten

## Reaktionsgleichung



## Chemikalien

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Formel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schul-einsatz
Wasserstoffperoxid-Lösung (w = 30)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Ca. 6 mL	8-34	1/2-28-36/39-45	C, O	S I
Wasserstoffperoxid-Lösung (w = 3)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Ca. 6 mL	36	-	Xi	S I
Ammoniak-Lösung (w = 25)	NH <sub>3</sub> (aq)	6 mL	36/37/38	1/2-26-36/37/39-45-61	Xi	S I

## Geräte

- 6 Reagenzgläser
- Reagenzglasständer
- Messpipette (10 mL)
- Becherglas (zum Entfetten mit Aceton)
- Spatel (erleichtert das Einbringen der Haare ins Reagenzglas)

Zusätzlich werden verschiedene Haare benötigt.

## Aufbau

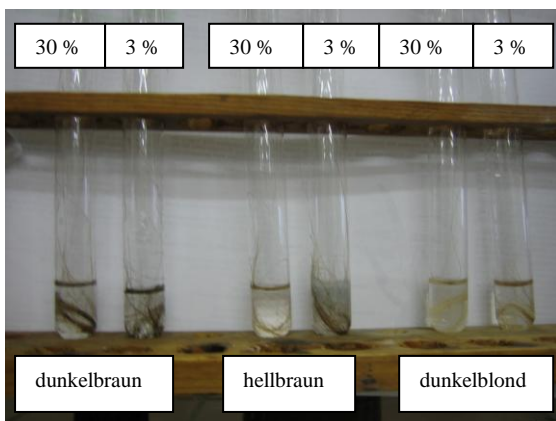


Abb. 1: Haare verschiedener Farbe in reiner Wasserstoffperoxid-Lösung.

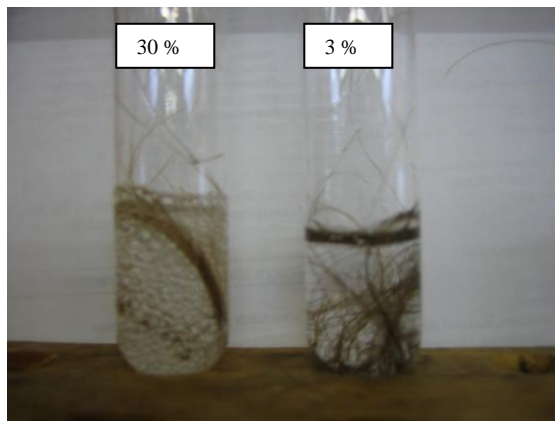


Abb. 2: Die Büschel der dunkelbraunen Haare nach Zugabe der Ammoniak-Lösung.

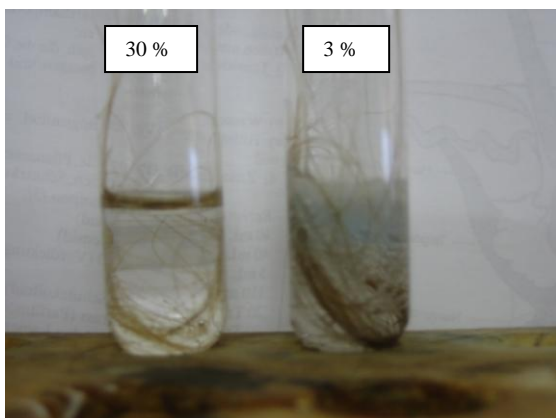


Abb. 3: Das Büschel der hellbraunen Haare nach Zugabe der Ammoniak-Lösung.

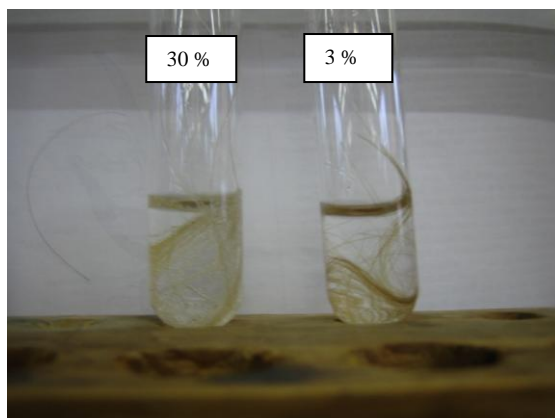


Abb. 4: Das Büschel der dunkelblonden Haare nach Zugabe der Ammoniak-Lösung.

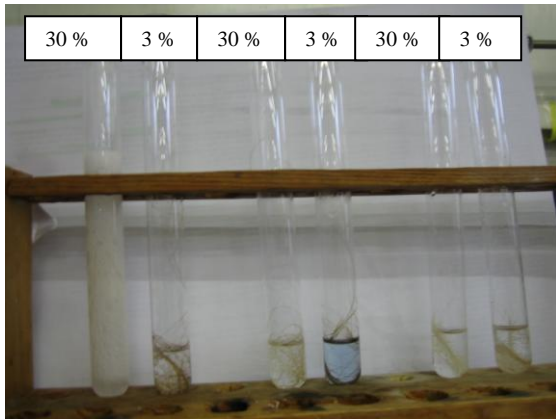


Abb. 5: Nach einiger Zeit sind alle Haare blondiert.  
Im Reagenzglas mit den dunkelbraunen Haaren und 30%iger Wasserstoffperoxid-Lösung schäumt es stark.

### Durchführung

In diesem Versuch werden Haarbüschel von drei verschiedenen Personen blondiert. Es handelt sich dabei um die Haarfarben dunkelbraun, hellbraun und dunkelblond.

Drei Reagenzgläser werden mit 30%iger Wasserstoffperoxid-Lösung versetzt, in die drei anderen wird eine 3%ige Wasserstoffperoxid-Lösung gegeben. Anschließend wird jeweils ein kleines Büschel Haare mit Aceton entfettet und in ein Reagenzglas gegeben. Die Verteilung soll so erfolgen, dass eine „Sorte“ Haar sowohl mit 3%iger als auch mit 30%iger Wasserstoffperoxid-Lösung blondiert wird. Danach wird in jedes Reagenzglas 1 mL Ammoniak-Lösung dazugegeben.

### Beobachtung

In der reinen Wasserstoffperoxid-Lösung werden die Haare nicht angegriffen. Es ist noch keine Gasentwicklung sichtbar. Sobald jedoch die Ammoniak-Lösung dazugegeben wird, tritt in allen Reagenzgläsern eine Gasentwicklung ein. In dem Reagenzglas, indem ein Büschel dunkelbrauner Haare mit 30%iger Wasserstoffperoxid-Lösung blondiert wurde, war ein deutliches Überschäumen zu erkennen (Abb. 5). Nach einiger Zeit war von der ursprünglichen Haarfarbe nichts mehr zu erkennen. Die Haare waren alle blond.

## Entsorgung

Die Lösungen in den Reagenzgläsern sind zu neutralisieren. Das übrig gebliebene Wasserstoffperoxid wird dann im Abzug verköcht. Die übrig gebliebene Lösung kann dann in den Abguss gegeben werden. Die Haare werden in die Feststofftonne gegeben.

## Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Haare sind aneinandergereihte verhornte Zellschichten der Haut. Sie haben meist die Funktion der Temperaturregulation und dem Strahlenschutz, können aber auch als Schmuck oder Tarnung dienen. Haare gehören neben den Nägeln zu den Hautanhangsgebilden. Das menschliche Haar besteht aus drei verschiedenen Teilen des Haares. Dazu zählen der Haarschaft, der aus der Haut herausragt und von außen sichtbar ist, die Haarwurzel, die unter der Haut liegt und der an der Haarwurzel anknüpfenden Haarzwiebel, die eine Verdickung der Haarwurzel ist und mit der Haarpapille verbunden ist, die aus Bindegewebe besteht. Sie ist an ein Blutgefäßnetz gebunden und enthält Pigmentzellen.

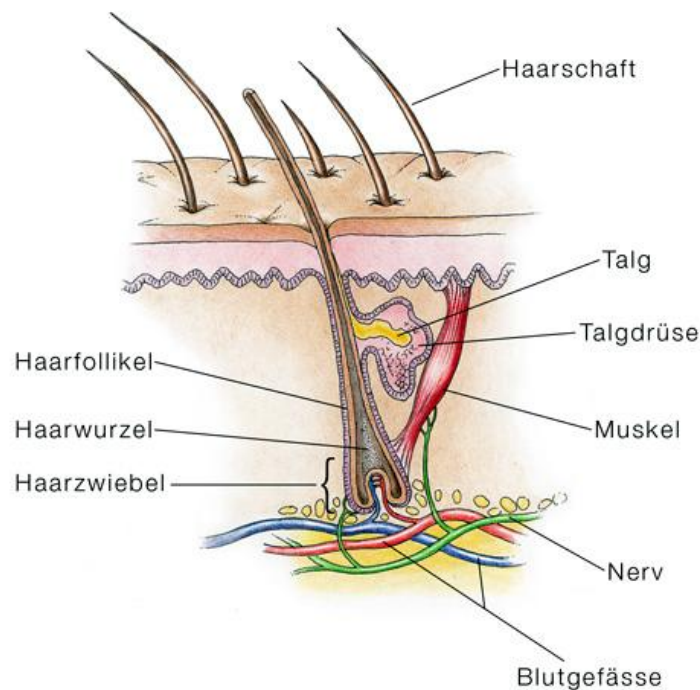


Abb. 6: Schematischer Aufbau der Haare. <sup>[6]</sup>

Die Haarwurzel liegt im Haarfollikel, an den die Talgdrüse angeschlossen ist, die für das Einfetten des Haares verantwortlich ist. Ebenfalls an das Haarfollikel angeschlossen, befindet sich ein Muskel, der sich bei Reizen wie zum Beispiel einem Luftzug zusammenzieht und

dann zu einer Gänsehaut führt. Der Muskel wird weiterhin noch mit Nervenfasern mit der Haarwurzel verbunden.

Durch die fortlaufende Zellteilung, die im Papillen- und unteren Haarzwiebelbereich stattfindet, wird weitere Haarsubstanz nachgebildet, die die alte Haarsubstanz nach oben drückt. Die oberen Zellen sterben ab und verhornen.

Insgesamt besteht das Haar aus drei verschiedenen Schichten. Die Cuticula (Schuppenschicht) bildet die äußerste Schicht und schützt das Haar vor äußeren Einflüssen. Sie besteht aus mehreren Lagen winziger Schutzschildern. Der Cortex liegt unter der Cuticula. Er besteht aus vielen dünnen Zellsträngen. Sie wirken als dickes „Seil“, das dem Haar Stärke und Elastizität gibt. Jede einzelne Zelle enthält ein Farbpigment, das dem Haar seine Farbe gibt. Dieses Pigment ist Melanin. Die innerste Schicht ist das Mark (auch Medulla genannt). Es ist nicht bei allen Menschen vorhanden und ist unterschiedlich dick. Es ist nicht ganz geklärt, welche Funktion dem Mark zukommt, doch wahrscheinlich gibt es dem Haar weiteren Halt.

Das Haar ist aus Struktur- oder Skleroproteinen aufgebaut. Diese sind charakteristisch für die mechanische Festigkeit und die Unlöslichkeit im wässrigen Medium. Sie sind die Gerüstsubstanzen in tierischen Organismen und somit mit der Cellulose, die die Gerüstsubstanz in Pflanzen ist, vergleichbar. Durch Röntgenstrukturanalyse wurde herausgefunden, dass die Peptidketten unterschiedlich angeordnet sein können. Sie können zum einen als  $\alpha$ -Helix- oder  $\beta$ -Faltblattstruktur vorliegen. Die  $\alpha$ -Helixstruktur liegt im  $\alpha$ -Keratin vor, während die  $\beta$ -Faltblattstruktur im Seidenfibroin- $\beta$ -Keratin vorkommt. Ersteres ist das Strukturprotein, aus dem auch das menschliche Haar aufgebaut ist.  $\beta$ -Keratin kommt vorwiegend in den Federn von Vögeln und den verhornten Schuppen von Reptilien vor.

Im  $\alpha$ -Keratin liegt eine Verknüpfung durch Wasserstoffbrückenbindungen innerhalb einer Peptidkette vor und nicht zwischen zwei Peptidketten. Daraus folgt eine schraubenartige Windung der Peptidkette mit etwa 3,6 Aminosäuren auf einer Helixwindung. Diese Form der Sekundärstruktur liegt nur in der Rechtsschraube vor, was durch Röntgenstrukturanalyse erwiesen wurde. Die Linksstellung ist wegen ungünstiger Stellungen der Seitenketten zueinander benachteiligt. Wahrscheinlich sind mehrere einzelne Helices im  $\alpha$ -Keratin zu einer Superhelix verdreht. Wird nasses Haar im nassen Zustand auf die doppelte Länge gestreckt, geht die  $\alpha$ -Keratin-Struktur in die  $\beta$ -Keratin-Struktur über.

Die Peptidspiralen des  $\alpha$ -Keratins sind durch verschiedene Bindungen miteinander verbunden. Zu diesen Bindungen zählen die relativ schwachen Wasserstoffbrückenbindungen, Salzbrücken (auch Ionenbindungen) und starke Disulfidbrücken (Doppelschwefelbrücken). Aus diesen Bindungen ergibt sich das Molekülgitter der Haare.

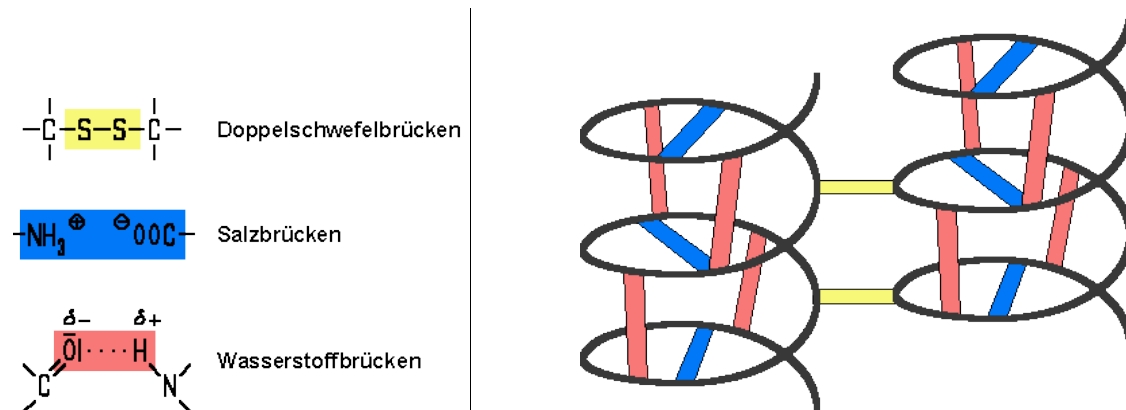


Abb. 7: Schema der Verknüpfungen innerhalb des Haares. <sup>[7]</sup>

Durch die Wasserstoffbrückenbindungen erhält das Haar Elastizität. Es handelt sich bei ihnen hauptsächlich um Längsverbindungen im Molekülgitter des Polypeptids. Bei Einwirkung von Wasser gehen sie kaputt und bilden sich erst bei Trocknung neu aus. Dieses Phänomen macht es möglich, die Haare kurzzeitig mit Lockenwicklern zu locken. Die Locken halten jedoch nur bis zur nächsten Haarwäsche. Neben den Wasserstoffbrückenbindungen existieren die Salzbrücken als Querverbindungen. Sie sind teilweise in Wasser löslich und bilden sich wie die Wasserstoffbrückenbindungen beim Trocknen neu. Die stärksten Bindungen zwischen den Peptidketten sind die Disulfidbrücken. Sie bilden stabile Querverbindungen zwischen den Peptidspiralen. Diese Bindungen werden bei einer Dauerwelle zunächst mit einem Reduktionsmittel gespalten und anschließend neu geknüpft.

Haare sind sehr unterschiedlich, was sich auch in der Dicke bemerkbar macht. Extrem dünne Haare sind nur 0,03 mm dick, während sehr dicke Haare bis zu 0,15 mm dick sein können. Blondes Haar gehört häufig zu den dünneren Haaren und dunkles zu den dickeren. Von den ca. 100 000 Haaren, die der Mensch auf dem Kopf hat, verliert er täglich etwa 50-100 Haare. Das tägliche Wachstum der Haare beträgt etwa 0,35 mm, was etwa 1 cm im Monat entsprechen würde. Jedoch werden am Tag insgesamt 30 m Haar produziert.

Beim Blondieren von Haaren muss die äußere Schuppenschicht aufgebrochen werden. Dies geschieht durch alkalische Präparate, da durch die pH-Wert-Einstellung im alkalischen Bereich eine Gleichgewichtsverschiebung der Oxidationsreaktion stattfindet. Das Haar kann

folglich schneller von Oxidationsmitteln angegriffen werden. Das Blondieren besteht im Abbau der Naturpigmente im Haar. Diese Naturpigmente sind die Melanine, die von den Melanocyten abgegeben werden. Es existieren zwei Arten von Melaninen, die Eumelanine und die Phaeomelanine. Für die dunklen Haare sind die Eumelanine verantwortlich. Sie sind durch die vielen chionoiden Gruppen im Molekül ein leichter Angriffspunkt für Oxidationsmittel. Die Phaeomelanine ergeben gelbe bis rote Haartöne und sind gegenüber Oxidationsmitteln beständiger. Dunkle Haare enthalten allgemein mehr Pigmente als helle Haare. Beim Blondieren wird das Haar durch den Abbau von Pigmenten heller. Die Farbintensität wird durch die Verteilung im Haarquerschnitt bestimmt. Die beiden genannten Pigmente werden unterschiedlich schnell abgebaut, sodass es zu einer Verschiebung der Mischungsverhältnisse dieser beiden Pigmente kommen kann und die Haare dementsprechend anders farbig erscheinen.

Als Oxidationsmittel wirkt Wasserstoffperoxid. Doch alleine ist es zu schwach, um eine Oxidation zu bewirken. Durch Ammoniak wird die Haarstruktur geöffnet, sodass die Wasserstoffperoxid-Lösung die Pigmente besser angreifen kann. Weiterhin wird durch den Ammoniak die Quellung des Haares gefördert. Im Allgemeinen ist die Quellfähigkeit von geschädigtem Haar im Vergleich zur ursprünglichen Faser erhöht. Durch eine Beimischung von Peroxodisulfat lässt sich der Bleichprozess beschleunigen. Durch eine saure Spüllösung kann der Prozess dann wieder beendet werden. Der Hauptangriffspunkt der Sauerstoffradikale ist die Disulfidbrücke des Cystins. Bei dieser oxidativen Spaltung entstehen größtenteils negativ geladene Sulfonsäurereste.

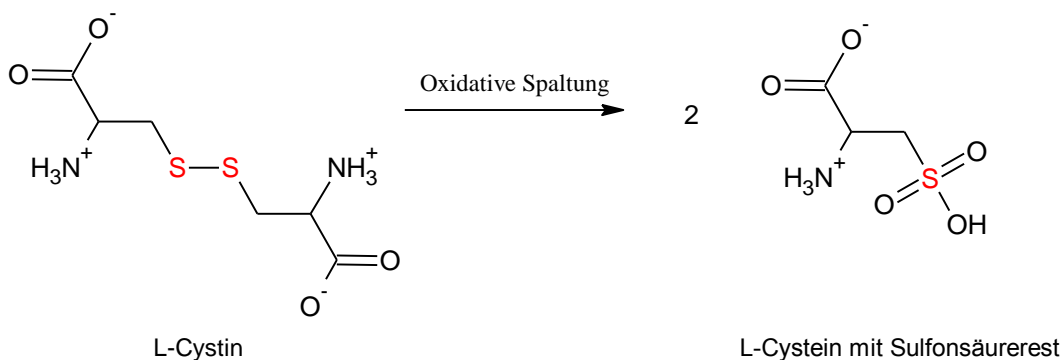


Abb. 8: Oxidative Spaltung der Disulfidbrücken.

Es wird vermutet, dass die Zerstörung des Pigments in zwei Schritten abläuft. Zuerst kommt es zum Abbau des Melanoproteins und anschließend zur Entfärbung des solubilisierten Pigments. Die Zerstörung erfolgt irreversibel. Die Hauptreaktion ist die in Gleichung (1) dargestellte Disproportionierung von Wasserstoffperoxid zu Wasser und Sauerstoff.

Melanin leitet sich vom Indol ab. Aus dem Indol-5,6-chinon entsteht dann durch polymerisation das Melanin. Im Folgenden sind die Strukturformeln der genannten Stoffe wiedergegeben.

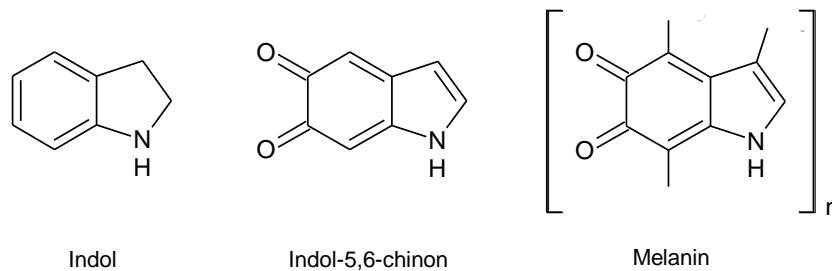


Abb. 9: Strukturformeln von Indol, Indol-5,6-chinon und Melanin. <sup>[9]</sup>

## Methodisch-Didaktische Analyse

### **1 Einordnung**

Die Blondierung von Haaren gehört zum Thema der Aminosäuren, Peptide und Polypeptide. Sie gehört nicht zu den verbindlichen Unterrichtsinhalten, kann aber im zweiten Halbjahr der Jahrgangstufe 11 sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs fakultativ unterrichtet werden. Im Lehrplan wird allgemein von Haarbehandlung gesprochen, worunter neben der Blondierung auch die Dauerwelle und die Wasserwelle fallen. Durch diesen Alltagsbezug im Unterricht kann den Schülern die Bedeutung von Aminosäuren deutlich gemacht werden. Die Stärke der Bindungen in der Sekundärstruktur ist an der Reißfestigkeit der Haare zu beobachten.

### **2 Aufwand**

Je nachdem, wie ausführlich dieser Versuch im Unterricht durchgeführt werden soll, ist er mehr oder weniger zeitlich aufwändig. Die Vorbereitung geht recht schnell, wenn Haarbüschel vorhanden sind. In der Schule dürfte eine 30%ige Wasserstoffperoxid-Lösung vorhanden sein. Aus dieser lässt sich problemlos und schnell eine 3%ige Lösung herstellen. Der materielle Aufwand ist ebenso gering. Neben einem Reagenzglasständer und Reagenzgläsern sollten nur ein Spatel und ein Becherglas vorhanden sein. Die Gasentwicklung ist sofort nach der Zugabe der Ammoniak-Lösung sichtbar. Von diesem Zeitpunkt an beginnt die Aufhellung der Haare. Je nachdem, wie hell die Haare werden sollen, müssen sie kürzer oder länger in der „Blondier-Lösung“ bleiben. Nach ca. 20 Minuten ist zwar schon ein kleiner Unterschied zu erkennen, doch für eine fast vollständige Entfärbung müssen die Haare etwa 1-2 Stunden in der Lösung bleiben.

### 3 Durchführung

Im Unterricht sollte eine gekürzte Version dieses Versuchs durchgeführt werden. Man sollte nicht unbedingt warten, bis die Haare komplett weiß geworden sind, sondern das Experiment für den Unterricht frühzeitig beenden und den Schülern die Aufhellung, die bis dahin stattgefunden hat, zeigen. Eventuell kann man den Versuch nach der Stunde weiterlaufen lassen und den Schülern ein paar blondierte Haare zur nächsten Stunde wieder mitbringen und ihnen das Ergebnis zeigen, was bei mehreren Stunden entstanden ist. Um nicht den Schülern an die Haare zu gehen, sollte man sich vielleicht zuvor bei einem Friseur erkundigen, ob man ein paar Büschel bekommen könnte oder einfach auf Tierhaare (Pferdehaare o.ä.) zurückgreifen. Da die Chemikalien alle für die Sekundarstufe I zugelassen sind, würde sich der Versuch als Schülerversuch anbieten. Es sollte jedoch wegen der Ammoniak-Lösung im Abzug gearbeitet werden, sodass nicht für jeden Schüler ein Abzug vorhanden wäre. Da man den Versuch aber auch sehr gut vorführen kann, kann er auch vom Lehrer vorgeführt werden, der sich freiwillige Schüler als Helfer sucht. Anschließend könnten die Ergebnisse herumgegeben werden. Da zwischendurch nicht viel passiert, bietet es sich an, dass in der „Einwirkphase“ der Wasserstoffperoxid-Lösung die Theorie zum Versuch behandelt wird.

### Literatur

- [1] PdN Chemie in der Schule 6/55 Seite 19.
- [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] Katthagen, Claudia: Experimentalvortrag: Chemie des Haares. **08.02.1995**.  
[http://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/504Haar\\_Kattenhagen\\_Scan.pdf](http://chids.online.uni-marburg.de/dachs/expvotr/504Haar_Kattenhagen_Scan.pdf).  
(**03.01.2009**).
- [6] eesom AG.: Follikulitis der Vibrissen. Graphiken Daniel Haldemann.  
<http://www.eesom.com/go/XKUENRGERERN39VR98HGT1YVO8DVPSOA>.  
(**03.01.2009**).
- [7] Seilnacht, Thomas: Aufbau eines Haares.  
<http://www.seilnacht.com/referate/haare1.html>. (**03.01.2009**).
- [8] Madea, Burkhard: Haaranalytik. Technik und Interpretation in Medizin und Recht. Deutscher Ärzte-Verlag. **2004**.

- [9] Gempf, Florian: Experimentalvortrag: Kosmetik. **Juni 1997**.  
[http://www.chids.de/dachs/expvortr/616Kosmetik\\_Gempf\\_Scan.pdf](http://www.chids.de/dachs/expvortr/616Kosmetik_Gempf_Scan.pdf). (03.01.2009).