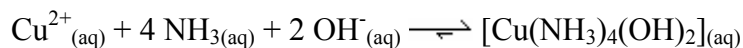


Name: Jan Schäfer

Datum: 19.1.08

**Gruppe 9**  
**Herstellung von Kupferkunstseide**

**Reaktionsgleichungen:**



**Zeitbedarf:**

Vorbereitung: 1 Tag

Durchführung: 5 min

Nachbereitung: 5 min

**Eingesetzte Substanzen:**

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	Gefahrensymbole	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
Kupfersulfat (wasserfrei)	CuSO <sub>4</sub>	13 g	Xn , N	22-36/38-50/53	2-22-60-61	S 1
Ammoniak (w = 0,25)	NH <sub>3(aq)</sub>	40 mL	Xi	36/37/38	1/2-26-36/37/39-45-61	S 1
Natronlauge (w = 0,32)	NaOH <sub>(aq)</sub>	8,6 mL	C	35	26-36/37/39-45	S 1
Watte	--	2 g	--	--	--	S 1
Schwefelsäure (konz.)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	12 mL	C	35	26-30-45	S 2

**Materialien:**

250 mL Rundkolben mit Schliff, Schliffstopfen, Keckklemme, 500 mL Becherglas, Plastikspritze, Feuerzeug

**Durchführung:**

**1. Herstellung des Schweizer Reagenz**

Man löst im Rundkolben 13 g Kupfersulfat in 40 mL Wasser und gibt danach die 40 mL Ammoniak (w = 0,25) und genau 8,6 mL der Natronlauge (w = 0,32) hinzu.



**2. Auflösen der Cellulose**

In das frisch hergestellte Schweizer Reagenz, gibt man nun 2 g Watte (Cellulose) und verschließt den Rundkolben luftdicht mit dem Schliffstopfen und der Keckklemme. Diesen Ansatz lässt man ca. 24 h stehen, damit sich die Cellulose auflösen kann.

**3. Herstellung der Kunstseide**

Man gibt ca 12 mL Schwefelsäure konz. in ein Becherglas mit 200 ml Wasser. Um einen möglichst gleichmäßigen und nicht zu dicken Faden zu erhalten, schmilzt man die Spitze der Plastikspritze mit einem Feuerzeug leicht zu, so dass nur noch ein kleines Loch frei bleibt. Mit dieser Spritze saugt man ca. 10 mL des Schweizer Reagenz auf und drückt diese Lösung langsam in das Schwefelsäure-Fällungsbad.



### Beobachtung:

Nach der Zugabe der Ammoniaklösung wird das Schweizer Reagenz tief blau. Der in das Fällungsbad gedrückte Cellulosefaden entfärbt sich langsam von blau nach farblos. Der hergestellte Faden hat die Konsistenz einer weich gekochten Spaghetti.



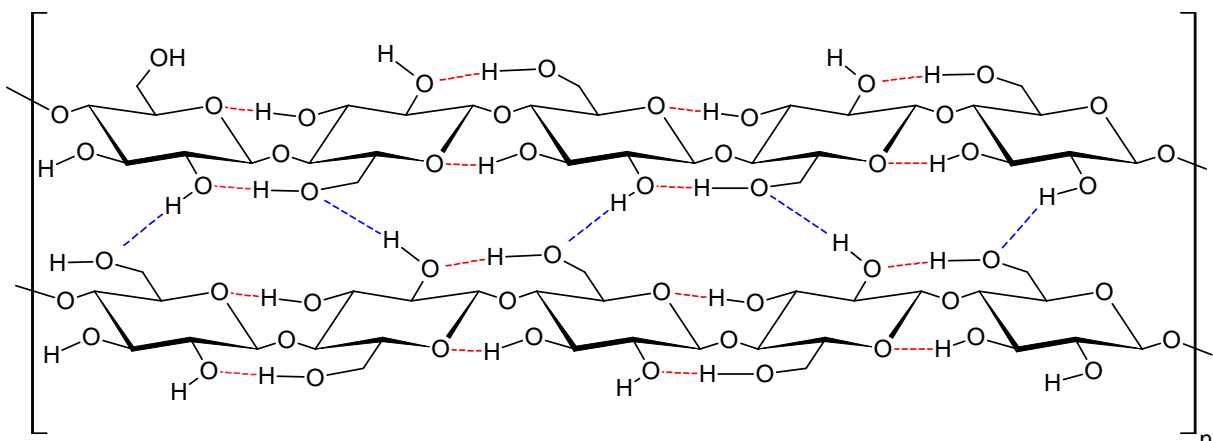
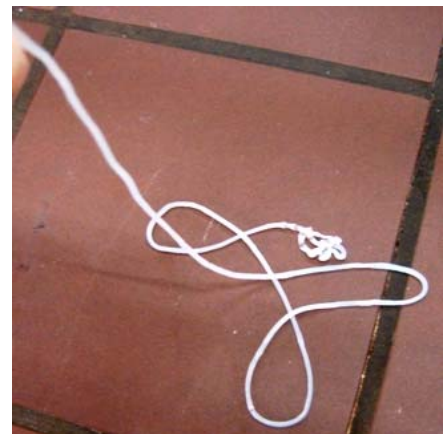
### Entsorgung:

Der Rest des Schweizer Reagenz muss mit Schwefelsäure neutralisiert werden danach zu den anorganischen Schwermetallabfällen gegeben werden.

### Fachliche Analyse:

Cellulose ist das häufigste Biomolekül auf der Welt, da es mit einem Massenanteil von 50% in allen pflanzlichen Zellwänden enthalten ist. Cellulose ist ein unverzweigtes lineares Polysaccharid, welches aus vielen tausenden von  $\beta$ -D-Glucose-Molekülen besteht. Dabei sind die einzelnen Glucosemoleküle über  $\beta$ -1,4-glycosidische Bindungen miteinander verlinkt.

Des weiteren stabilisiert sich dieses Molekülgerüst über je zwei **intramolekulare** Wasserstoffbrückenbindungen (Im Bild rot dargestellt) zwischen zwei benachbarten verbundenen Glucosemolekülen und die einzelnen Zellulosepolymerstränge bilden auch je eine **intermolekulare** Wasserstoffbrücke ( Im Bild blau dargestellt) zu benachbarten Cellulosesträngen aus.



(Quelle: hab ich selbst gemacht. Puh!)

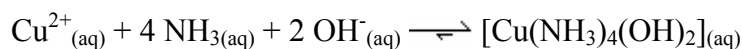
All diese Eigenschaften erklären die enorme Stabilität und Zugfestigkeit dieses faszinierenden Naturstoffes. Cellulose ist mit 90 % der Hauptbestandteil von Baumwolle und von Papier. Seine Verwendung durch den Menschen kennt praktisch keine Grenzen. Doch für den menschlichen Organismus ist Zellulose unverdaulich, da ihm das Enzym Cellulase fehlt. Cellulose ist für den Menschen ein Ballaststoff. Pflanzenfresser haben meist große Mägen und viele mikroorganismische Helfer, die helfen diesen schwerverdaulichen Zucker zu spalten.

All diese oben genannten Eigenschaften führen auch dazu, dass Cellulose in den meisten Lösungsmitteln und auch in Wasser unlöslich ist. Es ist einfach zu kristallin und verhält sich nicht wie viele andere Zucker oder Polysaccharide, die ja alle relativ gut mit Wasser löslich sind.

Starke Lösungsmittel wie Dimethylacetamid/Lithiumfluorid oder Dimethylsulfoxid/ Tetrabutylammoniumfluorid sind allerdings in der Lage Cellulose zu lösen.

Wenn man Cellulose mit starken Säuren kocht, kann man sie jedoch in ihre Glucosebestandteile wieder spalten.

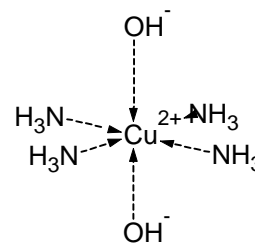
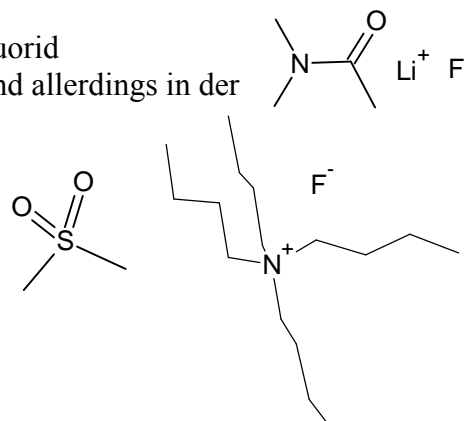
Ein weiteres berühmtes Lösungsmittel ist das schon 1857 von SCHWEIZER entdeckte Reagenz. In der von ihm hergestellten Lösung liegen Kupfer-Tetramin-Hydroxidkomplexe vor, die auch die Fähigkeit besitzen Cellulose zu lösen.

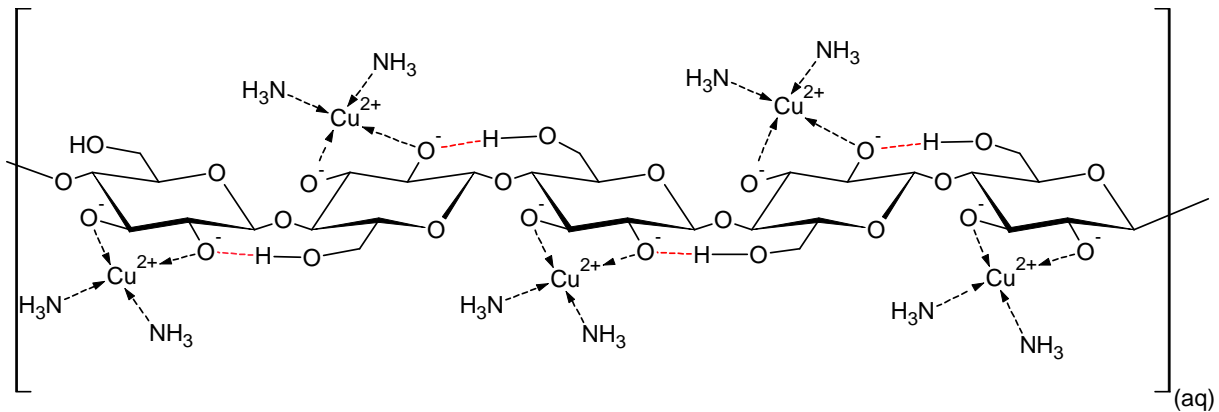


Dieser Komplex gibt dem Reagenz die tiefblaue Farbe.

Wenn man nun Cellulose (Watte) in das Schweizer Reagenz gibt, beginnt die Cellulose sich langsam aufzulösen. In der Praxis sind Lösungen mit einem Cellulosegehalt von 7 % am schnellsten herzustellen.

Bei diesem Lösungsvorgang entsteht ein neuer Komplex. Dabei findet ein Ligandenaustausch im Kupfertetraminkomplex statt. Dabei werden zwei Amminliganden gegen die deprotonierten Hydroxygruppen an 2' und 3' der Glucose ausgetauscht. Die Glucose kann als zweizähliger Ligand aufgefasst werden. Somit werden die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen und innerhalb der Glucosemoleküle aufgespalten und die kristallinen Bereiche in der Cellulose werden langsam abgebaut. Die verbleibenden Aminoliganden erhöhen die Löslichkeit der Komplexverbindung erheblich.





Wenn man nun diese Verbindung in das Fällungsbad gibt, werden die Ammoniakliganden sofort protoniert und sie können nicht mehr am Kupferion koordinieren. Daraufhin, löst sich das Kupferion auch von den deprotonierten Hydroxigruppen der Glucose und diese werden sofort wieder protoniert und es entsteht wieder Cellulose. Diese Cellulose hat allerdings eine etwas andere Form als das Ausgangsprodukt der Watte. Man spricht von Regeneratcellulose, wie man sie auch in der Textilindustrie zu langen Fäden verspinnt.

### Didaktische Analyse:

#### **Einordnung: (11G.1.2)**

Das Thema Kohlenhydrate wird an Gymnasien in der 11 Klasse im Grund- und im Leistungskurs durchgenommen. Es gehört zu dem Oberthema technisch relevante Kohlenstoffverbindungen, wozu auch die Fette, die Aminosäuren, die Peptide und auch die Polypeptide gehören. In diesem Abschnitt werden auch die Struktur und die Reaktionen der Polysaccharide und somit auch die der Cellulose behandelt.

Der Versuch eignet sich um den großen Unterschied zwischen Stärke und Cellulose hervorzuheben. Allerdings ist die schulische Relevanz wohl eher gering. Es wäre eher ein schöner Versuch für einen WPU-Kurs. Wenn man den Versuch noch modifiziert (siehe: <http://diefoergs.de/Kap3/3.2.html>), kann man auch noch andere Sachen aus der Cellulose herstellen, wie z.B. Grünfilm.

#### **Aufwand:**

Der apparative Aufwand dieses Versuches ist nicht sehr hoch.

Die benötigten Materialien sollten an jeder Schule vorhanden sein.

Der finanzielle Aufwand ist nicht hoch.

Der zeitliche Aufwand ist nicht hoch, auch wenn der Lösungsprozess etwa 1 Tag dauert.

#### **Durchführung:**

Der Effekt der Farbänderung des Schweizer Reagenz kann gut beobachtet werden.

Der Versuch ist auch als Schülerversuch durchführbar. Doch die Herstellung des Reagenz sollte der Lehrer durchführen, da man mit Ammoniak und sehr konz. Natronlauge arbeitet. Die Fällung der Cellulose kann von den Schülern durchgeführt werden, doch dabei ist auf das Tragen von Handschuhen zu achten, weil es sich ja um ca. 7 % Schwefelsäurelösung handelt.

### Literatur:

- Soester Liste Version 2.7

www.chids.de: Chemie in der Schule

- Hessischer Lehrplan G8 der Chemie für Gymnasien
- <http://diefoergs.de/Kap3/3.2.html>