

Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts

WS 08/09

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent: Jan Schäfer

Name: Sarah Henkel

Datum: 10.12.2008

Gruppe 9: Kohlenhydrate

Versuch: Von der Kartoffel zur Stärke (Assi)

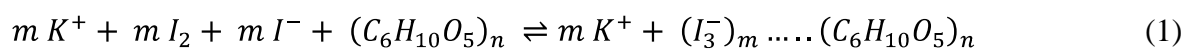
Zeitbedarf

Vorbereitung: 10 Minuten

Durchführung: 30 Minuten

Nachbereitung: 5 Minuten

Reaktionsgleichung



Chemikalien

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Formel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schul-einsatz
Lugol'sche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung)	KI·I ₂	1 g KI, 0,5 g Iod, 150 mL Wasser	20/21-50	23-25-61	Xn, N	S I
Kupfersulfat-Lösung (1%ig)	CuSO ₄ ·H ₂ O	Einige mL	22-36/38	2-22	Xn	S I
Natriumhydroxid-Lösung (10%ig)	NaOH	Einige mL	35	26-36/37/39-45	C	S I
Wasser	H ₂ O		-	-	-	S I

Große Kartoffel		1 Stück	-	-	-	S I
-----------------	--	---------	---	---	---	-----

Geräte

- Zwei kleine Blätter Papier
- Gemüseribe
- Messer
- Leinentuch oder Leinensack
- Zwei Bechergläser (600 mL)
- Becherglas (250 mL)
- 3 Reagenzgläser
- Spatel
- Glasstab
- Tropfpipette
- Pinsel
- Brenner

Aufbau



Abb. 1: Bodensatz und Presssaft.

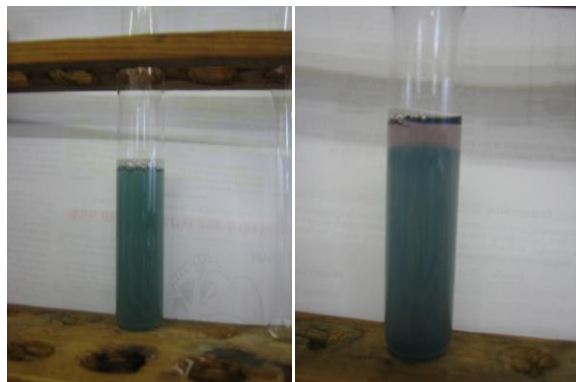


Abb. 2: Biuret-Probe.

Abb. 3: Biuret-Probe nach einiger Zeit.



Abb. 4: Stärke-Nachweis.



Abb. 5: Stärke-Nachweis verdünnt.



Abb. 6: Aufgeschlammter Bodensatz.



Abb. 7: Stärkekleister.

Durchführung

Die Kartoffel wird zunächst mit einem kleinen Messer geschält und anschließend mit der Gemüsereibe fein gerieben. Der Brei wird dann in ein großes Becherglas gegeben und mit soviel destilliertem Wasser aufgefüllt, sodass das Wasser etwa 2 cm über dem Kartoffelbrei steht. Mit dem Glasstab wird gut umgerührt und dann bleibt die Mischung 3 Minuten stehen. Anschließend wird die Flüssigkeit in ein weiteres großes Becherglas dekantiert, sodass der weiße Bodensatz im ersten Becherglas bestehen bleibt. Von der dekantierten Flüssigkeit wird eine Probe in einem Reagenzglas entnommen und mit wenigen Millilitern Biuretreakanz (kurz vorher Lösung I (1%ige Kupfersulfat-Lösung) mit Lösung II (10%ige Natriumhydroxid-Lösung) im Verhältnis 1:1 mischen) versetzt. Eine violette Färbung weist auf Eiweiß hin. Von dem Bodensatz wird eine kleine Menge entnommen und zwischen den Fingerspitzen gerieben. Es sollten grobe Stärkekörner fühlbar sein. Mit einem Spatel wird etwas des Bodensatzes in ein zweites Reagenzglas gebracht und dann mit ein paar Millilitern Lugol'scher Lösung versetzt. Anhand der typischen Blaufärbung ist das Vorhandensein von Stärke zu erkennen. Zum Schluss wird der Rest des Bodensatzes mit einem Spatel in ein drittes Reagenzglas ge-

geben und mit einigen Millilitern destilliertem Wasser aufgeschlämmt. Das Reagenzglas wird dann mit kleiner Flamme vorsichtig erhitzt, bis die Probe glasig geworden ist. Der so entstandene Stärkekleister kann nach dem Abkühlen getestet werden, indem man mit einem Pinsel etwas auf ein kleines Blatt Papier bringt und dieses mit einem weiteren Blatt Papier zusammenklebt. Der im Reagenzglas verbliebene Rest wird nochmals mit Lugol'scher Lösung versetzt.

Beobachtung

In dem Becherglas mit dem aufgeschlämmten Kartoffelbrei befindet sich nach einpaar Minuten ein weißer Bodensatz. Der weiße Bodensatz enthält Stärkekörner, die beim Reiben zwischen den Fingern deutlich zu spüren sind. Bei einem Test des flüssigen Überstands mit Biuret-Reagenz wird klar, dass in der Kartoffel Proteine enthalten sind. Zwar ist nach dem versetzen noch keine violette Färbung sichtbar, doch nach einigen Minuten bilden sich zwei Phasen. Die obere ist violett gefärbt. Auch der Test auf Stärke im Bodensatz mit Lugol'scher Lösung ist positiv. Die intensiv blaue Färbung ist gut zu erkennen.

Entsorgung

Die Natriumhydroxid-Lösung kann neutral in den Abguss gegeben werden. Die Kupfersulfat-enthaltenen Lösungen werden neutral zu den Schwermetallabfällen gegeben. Die Lugol'sche Lösung wird nach dem Reduzieren mit Natriumthiosulfat-Lösung in den Abguss gegeben.

Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Kartoffeln gehören neben Tomaten und Paprika zu den Nachtschattengewächsen (*Solanaceae*). Sie gehört zu den wichtigsten Grundnahrungsmitteln. Die Blüten und Blätter der Kartoffel sind aufgrund des Alkaloids Solanin giftig und sollten nicht verzehrt werden. In der Knolle sind nur wenige Anteile von Glykolalkaloiden enthalten. Diese befinden sich vorwiegend in der Schale. Die Kartoffel enthält sehr viele Nährstoffe, darunter 15 % Kohlenhydrate in Form von Stärke, 2 % Proteine, 2 % Ballaststoffe und 0,1 % Fette.

Die Naturstoffklasse der Kohlenhydrate beinhaltet u.a. die Stoffe Zucker, Stärke und Cellulose. Sie bestehen, wie der Name schon sagt, aus Kohlenstoff und „Wasser“. Ihre Summenformeln folgen der Systematik $C_x(H_2O)_y$. Dennoch enthalten sie kein Wasser. Sie sind lediglich

Hydroxyaldehyde bzw. Hydroxyketone. Kohlenhydrate können weiterhin in drei Gruppen unterteilt werden.

- 1) Monosaccharide (Einfachzucker)
- 2) Oligosaccharide (zwei bis acht Monosaccharid-Moleküle)
- 3) Polysaccharide (durch Polykondensation aus Monosacchariden entstanden)

Zur Gruppe der Polysaccharide gehören u.a. Stärke, Glykogen und Cellulose. Die Zucker hingegen gehören zu den ersten beiden Gruppen.

Monosaccharide bestehen aus einer Kette von zwei bis sechs Kohlenstoffatomen und enthalten entweder eine Aldehyd- oder einer Keto-Gruppe. Je nachdem, welche funktionelle Gruppe sie enthalten, wird zwischen Ketosen und Aldosen unterschieden. An den anderen Kohlenstoffatomen ist jeweils eine Hydroxylgruppe gebunden. In Form dieser Ketten liegen die Kohlenhydrate jedoch fast nie vor. Sie schließen sich zu einem Ring zusammen, der entweder ein Fünfring oder ein Sechsring sein kann. Es wird dementsprechend zwischen Pyranose (Sechsring) und Furanose (Fünfring) unterschieden.

Bei der Verknüpfung zu Polysacchariden handelt es sich um den Aufbau aus D-Glucose-Molekülen. Je nachdem, um welches Polysaccharid es geht, sind die Glucose-Einheiten unterschiedlich miteinander verbunden. Die Cellulose besteht aus $\beta(1,4)$ -glycosidisch Verknüpften Glucose-Einheiten. Durch die β -Verknüpfung sind die Sauerstoffatome, die die Einheiten miteinander verbinden, abwechseln oben und unten angeordnet. Daher rührt die gestreckte Struktur der Cellulose. Stärke hingegen besteht aus zwei Arten von Polymeren. Sie ist aufgebaut aus Amylose (etwa 20 %) und Amylopektin (etwa 80 %). Amylose besteht aus unverzweigten Ketten von Glucosemolekülen, die alle $\alpha(1,4)$ -glycosidisch verknüpft sind. Durch die α -Verknüpfung kommt es zur Bildung einer spiralförmigen Helix. Amylopektin besteht dagegen aus kürzeren Ketten, die buschartig verzweigt sind. Es ist ebenfalls aus Glucose-Einheiten aufgebaut und die Verknüpfung innerhalb der Ketten erfolgt wie bei der Amylose $\alpha(1,4)$ -glycosidisch. Die Verzweigungsstellen sind aber $\alpha(1,6)$ -glycosidisch verbunden.

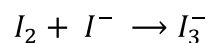
Im Gegensatz zu Cellulose kann Stärke vom Menschen verdaut werden und ist damit ein wichtiger Bestandteil der Nahrung. Stärke kann aus Kartoffeln, Getreide, Mais und Reis gewonnen werden. Bei Kartoffeln wird die Stärke durch Zerreibung freigesetzt, da die Zellwände durch das Reiben aufgerissen werden. Die Stärkekörnchen können dann herausgewaschen werden. Um die reine Stärke zu gewinnen, müssen die groben Zellbestandteile mithilfe eines Siebes abgetrennt werden. Die Stärkekörner setzen sich aus der milchigen Suspension am Boden ab. Nachdem sie bei 25-30 °C getrocknet werden, werden sie zu Stärkemehl zermahlen.

Stärkepulver ist weiß und in kaltem Wasser nicht löslich. Wird es in Wasser auf etwa 90 °C erhitzt, bildet sich der Stärkekleister, der durch das Aufquellen des Amylopektins verursacht wird. Die Amylose wird als Kolloid im Wasser gelöst. Die typische Blaufärbung mit Iod-Kaliumiodid-Lösung wird durch die Amylose hervorgerufen. Es handelt sich dabei um eine Einschlussverbindung der Iodmoleküle in die spiralförmige Struktur der Amylose. Sobald eine Lösung, in der eine Einschlussverbindung stattgefunden hat, erwärmt wird, verschwindet die blaue Farbe wieder und tritt erst beim Erkalten wieder auf. Mit Amylopektin reagiert Iod mit einer rotviolettten Färbung.



Abb. 8: Einschlussverbindung von Iod-Kaliumiodid in Amylose.

Die blaue Färbung der Einschlussverbindung kommt durch Polyiodid-Anionen in einem Charge-Transfer-Komplex zustande. Iod alleine würde genauso wenig, wie Iodid alleine zu einer Blaufärbung führen. Durch das Zusammenbringen dieser beiden Komponenten entstehen diese Polyiodid-Anionen.



Stärke kann durch Aufbereitung auch zum Süßen in Getränken verwendet werden. Dazu wird die Stärke mit verdünnten Säuren gekocht und somit bis zur D-Glucose abgebaut. Dadurch entsteht ein Sirup, dessen Süßkraft noch erhöht werden kann, indem ein Teil der D-Glucose mit Glucoseisomerase in D-Fruktose umgewandelt wird. Bei der Verwendung von Maisstärke wird der so erhaltene Sirup „**H**igh **F**ruktose **C**orn **S**irup“ (HFCS) genannt.

Neben den Kohlenhydraten sind in der Kartoffel auch Proteine mit 2 % enthalten. Diese wurden mit Biuret-Reagenz nachgewiesen. Die dabei entstehende violette Färbung kommt durch die Bildung eines Chelatkomplexes der Polypeptidkette mit dem Kupfer(II)-Ion. Die Reaktion muss in alkalischer Lösung durchgeführt werden, damit den Stickstoffatomen aus der Polypeptidkette zunächst ein Proton entzogen werden kann. Als Nebenprodukt entsteht bei dieser Reaktion Wasser. Die folglich negativ geladenen Stickstoffatome können mit dem Kupferkation unter Bildung eines Chelatkomplexes reagieren.

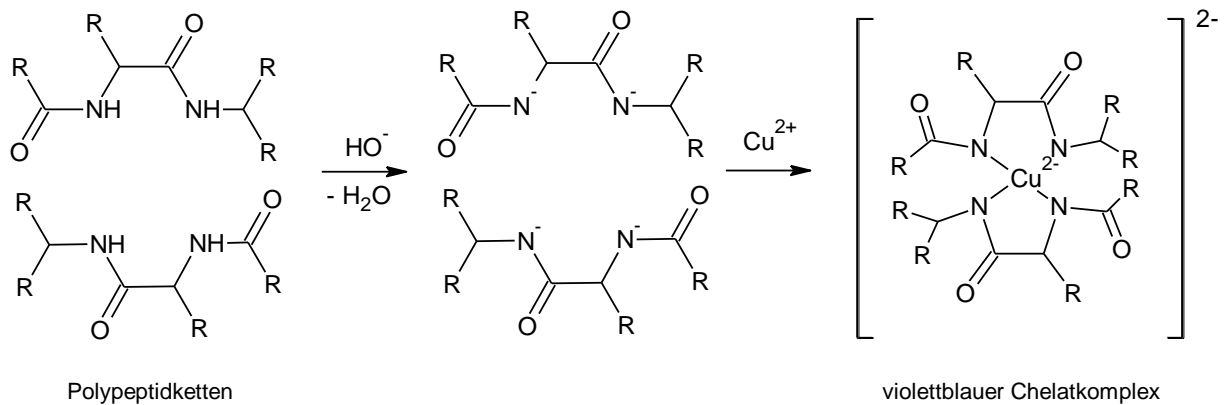


Abb. 9: Bildung des Chelatkomplexes in der Biuret-Reaktion.

Proteine sind am Aufbau aller Lebewesen beteiligt. Diese Makromoleküle bestehen aus α -Aminosäuren, die sich durch Polykondensation zu langen Polypeptidketten zusammenschließen. Aminosäuren gehören zu den Carbonsäuren und enthalten am α -Kohlenstoffatom eine Amino-Gruppe. Ihre allgemeine Strukturformel ist:

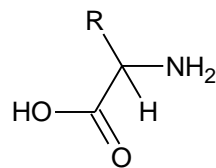


Abb. 10: Strukturformel einer allgemeinen Aminosäure.

Bei der einfachsten Aminosäure Glycin besteht der Rest R aus einem weiteren Wasserstoffatom. In diesem Fall ist das α -Kohlenstoffatom kein asymmetrisch substituiertes Kohlenstoffatom. Aminosäuren verbinden sich unter Bildung einer Peptidbindung ($-\text{CO}-\text{NH}-$). Diese entsteht, indem die Carbonsäuregruppe der einen Aminosäure mit der Aminogruppe der anderen Aminosäure unter Wasserabspaltung reagiert. Je nachdem, wieviele Aminosäuren miteinander verbunden sind, entstehen bei zwei Aminosäuren ein Dipeptid, bei drei Aminosäuren ein Tripeptid und bei mehreren ein Oligopeptid. Sind jedoch mehr als 20 Aminosäuren miteinander verknüpft, so handelt es sich um ein Polypeptid. Proteine liegen normalerweise nicht kettenförmig in der Primärstruktur vor, sondern korrelieren untereinander durch die Bildung von Wasserstoffbrückenbindungen, das Entstehen von van-der-Waals-Wechselwirkungen und aromatischen Wechselwirkungen. Die daraus resultierende Struktur ist die Sekundärstruktur, die zum einen als α -Helix- und zum anderen als β -Faltblatt-Struktur vorliegen kann. Durch weitere Wechselwirkungen und die folgende Unordnung entsteht die Tertiärstruktur.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung

Mit diesem Versuch wird sich eingehender mit den Kohlenhydraten beschäftigt. Diese gehören neben den Fetten und Proteinen zu den Naturstoffen. Das Thema der Naturstoffe wird im zweiten Halbjahr der Jahrgangsstufe 11 behandelt. Es sollen hier jedoch Schwerpunkte gesetzt werden, sodass eine intensive Beschäftigung mit diesem Thema sowohl im Grundkurs als auch im Leistungskurs möglich ist. Anhand der Kartoffel ist auch zu sehen, dass so gut wie alle Kohlenhydrat-Formen in ihr enthalten sind. Stärke ist der Großteil der Kohlenhydrate und auch der für den Menschen wichtigste Stoff. Dennoch sind auch kleine Mengen an Zucker in der Kartoffel vorhanden und natürlich Cellulose als zellstabilisierendes Material. Aus diesem Grund eignet sich die Kartoffel sehr gut, um einen Versuch zum Thema Kohlenhydrate durchzuführen. Neben den Kohlenhydraten wird jedoch auch die Naturstoffklasse der Proteine mit einbezogen. Die Biuret-Probe weist eindeutig Proteine nach. In diesem Hinblick kann überlegt werden, was das genau für Proteine sind und letztendlich die Enzyme behandeln. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist der Bezug zum Alltag. In dieser Unterrichtseinheit wird es nicht vorkommen, dass irgendein Schüler den Zusammenhang nicht versteht oder die im Versuch verwendeten „Chemikalien“ nicht kennt.

2 Aufwand

Der Aufwand für diesen Versuch ist mittelmäßig. Je nachdem, ob in einer Schule Lugol'sche Lösung bereits vorhanden ist oder ob diese noch hergestellt werden muss und ob die beiden Teil-Lösungen für das Biuret-Reagenz vorhanden sind, ist mit dem Versuch ein größerer oder kleinerer Aufwand verbunden. Sollten die Lösungen noch nicht hergestellt sein, so lässt sich dies auch recht schnell durchführen. Weiterhin muss nur dafür Sorge getragen werden, dass den Schülern genügend Schälmesser und Gemüsereiben, sowie Leinentücher zur Verfügung gestellt werden, sodass sie anschließend ungestört und durchgängig arbeiten können.

3 Durchführung

Es dauert zwar einen Moment, bis die Kartoffel geschält und gerieben ist, doch gerade, weil Schülerversuche oft in der Schule zu kurz kommen, weil zum einen die Chemikalien für den Schülerversuch verboten sind oder manche Materialien zu teuer sind, sollte man sich hier die Zeit nehmen und die Schüler selbst die Kartoffeln schälen und reiben lassen. Der weitere Aufwand ist mit jedem anderen Reagenzglasversuch vergleichbar. Der einzige Unterschied besteht im Stehenlassen des aufgeschlammten Kartoffelbreis, damit sich der Bodensatz bildet.

Dennoch ist der Versuch in einer Schulstunde zu bewältigen, wenn die Schüler ordentlich mitarbeiten und im experimentieren geübt sind. Ansonsten kann der Versuch auch in Kombination mit einer Theorieeinheit über Kohlenhydrate allgemein und die Unterteilung in Zucker, Stärke und Cellulose in einer Doppelstunde durchgeführt werden.

Literatur

- [1] CUS – Chemie und Schule (Salzburg) 15 (2000), Nr. 3. Seite 16-17.
- [2] Soester Liste. Version 2.7.
- [3] Hessischer Lehrplan: Chemie. 2008.
- [4] Mortimer, Charles, E. und Ulrich Müller: Das Basiswissen der Chemie. 8., komplett überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme Verlag. Stuttgart **2003**.
- [5] Beyer, Walter: Lehrbuch der Organischen Chemie. 24., überarbeitete Auflage mit 155 Abbildungen und 24 Tabellen. S. Hirzel Verlag. Stuttgart **2004**.
- [6] Schilling, Dirk: Kartoffel – Was ist drin? Was ist dran?. <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1207036/Kartoffel%20-%20was%20ist%20drin.pdf>. (22.12.2008).
- [7] Die Pflanze des Monats Juli 2004: Die Kartoffel. <http://www.blumenboersen.ch/archiv/monatspflanze-kartoffel.htm>. (22.12.2008).
- [8] Gantschnigg, Gerald: Chemielexikon der Grundbegriffe - Schulchemie der Oberstufe in Stichworten. <http://ghag.gh.funpic.de/chemielexikon/lexikon2.html>. (22.12.2008).
- [9] Keusch, Peter: Fachdidaktik Chemie. Biuret Reaktion - Eiweiss im Eiklar. http://www.uni-r.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/D-Biuret-d.htm. (22.12.2008).