

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: Nachweis reduzierender Zucker – Das Green-Bottle-Experiment vs.
Das Blue-Bottle-Experiment (Pflicht)

Zeitbedarf

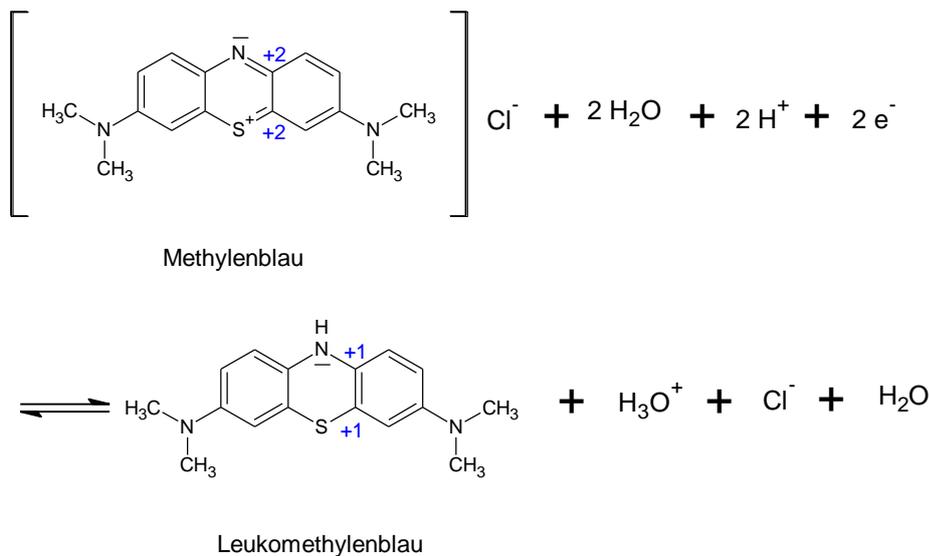
Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: 20 Minuten

Nachbereitung: 2 Minuten

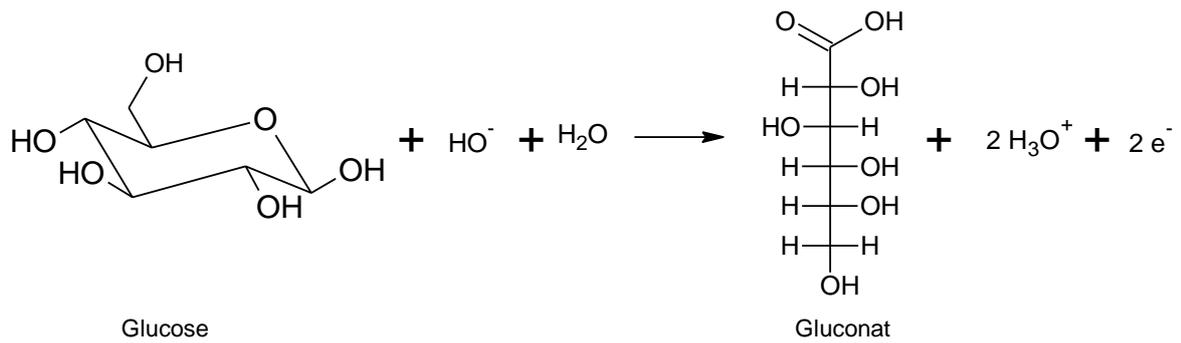
Reaktionsgleichungen

Reduktion von Metylenblau zu Leukometylenblau:



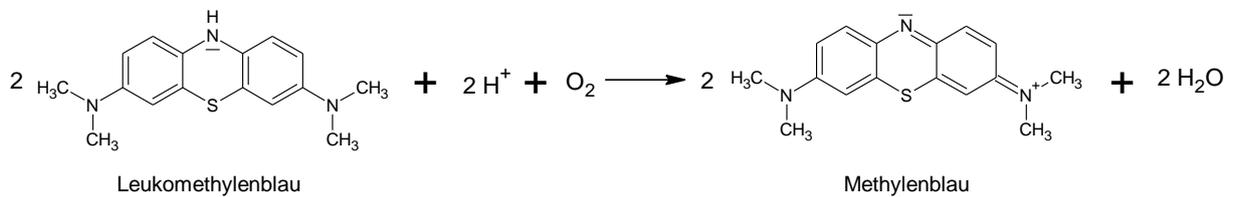
(1)

Oxidation der Glucose:



(2)

Reoxidation des Leukomethylenblaus durch den Luftsauerstoff:



(3)

Chemikalien

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Formel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Isostar [®] oder Getränkepulver-instant		8 g bzw. 100 mL				S I
Natronlauge (c = 0,5 mol/L)	NaOH	100 mL	36/38	26	C	S I
Methylenblau-Lösung (w = 0,1 %)	C ₁₆ H ₁₈ N ₃ SCl · x H ₂ O x = 2 - 3	9 Tropfen	22	2-22-24/25	Xn	S I
Schwefelsäure (c = 2 mol/L)	H ₂ SO ₄	10 mL	35	26-30-36/37/39-45	C	S I
Glucose	C ₆ H ₁₂ O ₆	50 g				S I
Natronlauge	NaOH	50 mL	35	26-	C	S I

(w = 10 %)				36/37/39		
				-45		

Geräte

- 2 Messzylinder (100 mL)
- Messzylinder (10 mL)
- 3 Rundkolben (1 L)
- Bunsenbrenner
- Stativklemme
- 2 Pipetten

Aufbau



Abb. 1: Gelöstes Getränkepulverinstant.



Abb. 2: Gelöstes Getränkepulverinstant mit Methylenblau.



Abb. 3: Nach dem Schütteln.



Abb. 4: Ansatz mit Schwefelsäure, der zum Sieden gebracht wird.



Abb. 5: Nach dem Hinzugeben von Methylenblau.



Abb. 6: Der Blue-Bottle-Versuch.



Abb. 7: Entfärbte Lösung.

Durchführung

- 1) In den 1-L-Rundkolben werden 8 g „Isostar[®]“-Konzentrat in 100 mL Wasser gelöst oder 100 mL des fertigen Getränks eingefüllt. Anschließend werden 100 mL Natronlauge ($c = 0,5 \text{ mol/L}$) hinzugegeben und die Lösung mit 2-3 Tropfen Methylenblau-Lösung versetzt. Der Kolben wird geschüttelt und es wird abgewartet, bis sich wieder die ursprüngliche Farbe der Isostar[®]-Lösung zurückgebildet hat.
- 2) Ein zweiter Ansatz wird aus 8 g „Isostar[®]“-Konzentrat in 100 mL Wasser gelöst oder 100 mL des fertigen Getränks mit 100 mL Natronlauge ($c = 0,5 \text{ mol/L}$) hergestellt und dann mit 10 mL verdünnter Schwefelsäure versetzt. Das Gemisch wird 3 Minuten zu Sieden gebracht und anschließend neutralisiert. Zum Schluss werden wieder 2-3 Tropfen Methylenblau hinzugegeben und geschüttelt.

- 3) In einen Rundkolben werden 300 mL Wasser gegeben und mit 50 mL Natronlauge ($w = 10\%$) versetzt. In dieser Mischung werden 50 g Glucose gelöst. Im Anschluss werden so viele Tropfen Methylenblau hinzugegeben, bis die Lösung tiefblau erscheint. Nachdem sich die Lösung entfärbt hat, wird sie kräftig geschüttelt und zum Entfärben hingestellt.

Beobachtung

- 1) Beim Lösen des Getränkepulverinstanten bildet sich eine gelbe Lösung. Durch das Hinzufügen von Methylenblau wird die Lösung grün. Nach einiger Zeit (etwa 2 Minuten) bildet sich die gelbe Farbe der Lösung zurück. Nach mehrmaligem Schütteln ist zu erkennen, dass die gelbe Lösung weiterhin einen grünlichen Stich besitzt.
- 2) Nachdem das Getränkepulverinstant-Natronlauge-Gemisch erhitzt und neutralisiert wurde, bildet sich nach Hinzugeben von Methylenblau ebenfalls eine grüne Lösung. Diese entfärbt sich jedoch fast gar nicht. Es dauert sehr lange, bis sich die grüne Lösung etwas aufgehellt hat.
- 3) Bei dem Blue-Bottle-Versuch bildet sich beim Lösen der Glucose zunächst eine trübe Lösung, die aber allmählich aufklart. 3 Tropfen Methylenblau genügen, um die Lösung tiefblau zu färben. Nach knapp 2 Minuten entfärbt sich diese Lösung komplett, sodass eine farblose, klare Lösung vorhanden ist. Nur beim genauen Hinsehen ist ein dünner blauer Rand auf der Lösungsoberfläche zu erkennen.

Entsorgung

Die Lösungen können neutral in den Abguss gegeben werden.

Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Glucose ist ein Monosaccharid und gehört damit zur Naturstoffklasse der Kohlenhydrate. Monosaccharide sind einfache Zucker, die entweder eine Aldehyd- oder Ketogruppe besitzen. Glucose enthält eine Aldehydgruppe und besteht aus sechs Kohlenstoffatomen. Es gehört zu den Hexosen. Aufgrund der Aldehydfunktion wird Glucose auch als eine Aldohexose be-

zeichnet. Bei der Darstellung der Glucose in der Fischer-Projektion, wird klar, dass zwei stereoisomere Formen der Glucose existieren.

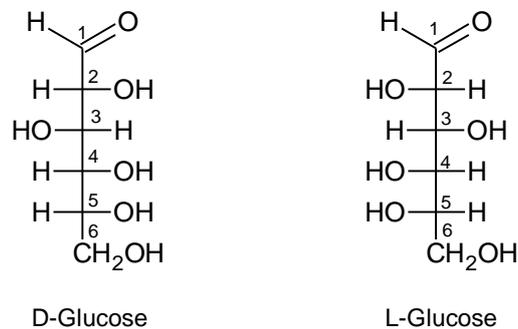


Abb. 8: Stereoisomere Formen der Glucose.

Unterschieden wird anhand der Stellung der untersten Hydroxylgruppe. Steht die Hydroxylgruppe am fünften Kohlenstoffatom rechts, so wird die Glucose als D-Glucose bezeichnet. Steht sie dagegen links, nennt man sie L-Glucose. Im Gegensatz zur Glucose ist die Fructose eine Ketohexose, sie enthält statt der Aldehyd- eine Ketofunktion. Insgesamt existieren bei Aldohexosen $2^4 = 16$ Stereoisomere = 8 Enantiomerenpaare, da vier asymmetrische Kohlenstoffatome vorhanden sind. Bei den Ketohexosen sind dies nur drei. Dementsprechend existieren $2^3 = 8$ Stereoisomere = 4 Enantiomerenpaare bei den Ketohexosen. In der Natur kommen jedoch nur die D-Formen vor.

Glucose liegt jedoch häufiger als Halbacetal im Ring vor. Zu diesem Ringschluss kommt es durch Addition der Hydroxylgruppe am fünften Kohlenstoffatom an die Aldehydgruppe. Im Ring entstehen zwei weitere Diastereomere. Je nachdem, ob die Hydroxylgruppe axial oder äquatorial steht, wird mit α und β unterschieden.

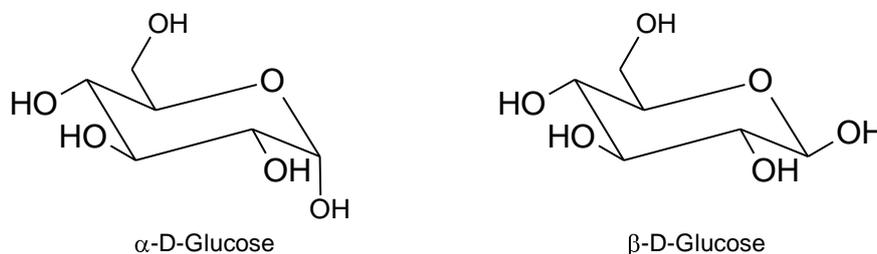


Abb. 9: Halbacetalform der Glucose.

Im Feststoff liegt entweder die α - oder die β -Form vor. In Lösung stellt sich jedoch ein Gleichgewicht zwischen beiden Formen ein. Neben den beiden Ringformen existiert auch noch ein kleiner Teil in offener Aldehydform.

Methylenblau (Methylthioniniumchlorid) gehört zu den Phenothiazinfarbstoffen. Das Kation dieses Moleküls kann sehr gut über Mesomerie stabilisiert werden.

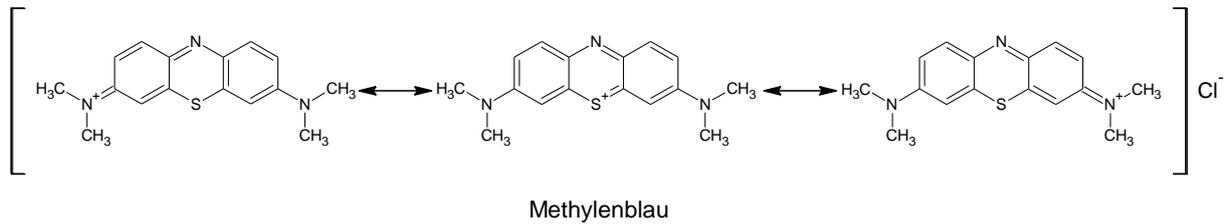


Abb. 10: Mesomere Grenzstrukturen des Methylenblau-Kations.

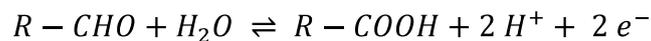
Methylenblau ist ein äußerst vielseitiger Farbstoff. Er wird zum einen zum Färben von Seide verwendet, dient aber zum anderen neben der Textilfärbung auch dem Verfahren der Vitalfärbung. Mit Methylenblau kann die graue Substanz im peripheren Nervensystem selektiv markiert werden. Dieses Verfahren ist, wie der Name schon sagt, am lebenden Organismus durchführbar.

Bei Reduktion bildet sich jedoch das farblose Leukomethylenblau (Gleichung (1)). Die Farblosigkeit des Leukomethylenblaus ist durch den Verlust des durchgängigen π -Elektronen-Systems zu erklären. Methylenblau kann durch die konjugierten Doppelbindungen ein π -Elektronen-System ausbilden, wodurch die Absorption von Licht in den sichtbaren Bereich rutscht. Das Absorptionsmaximum von Methylenblau liegt bei 660 nm. Da die Komplementärfarbe emittiert wird, erscheint es blau. Durch die unterschiedlich farbigen Formen in der oxidierten bzw. reduzierten Form, ist Methylenblau ein Redoxindikator. Je nachdem, ob Sauerstoff vorhanden ist oder nicht, liegt die blaue oder die farblose Form des Methylenblaus vor.

Im „Green-Bottle-Experiment“ (bzw. Blue-Bottle-Experiment) zeigt Methylenblau als Redoxindikator an, ob Glucose oder Gluconsäure (bzw. Gluconat) vorliegt. Wird dieser Redoxindikator in die Mischung aus Glucose-Lösung und Natronlauge gegeben, so wird die Glucose zu Gluconsäure oxidiert (Gleichung (2)) und das Methylenblau zu Leukomethylenblau reduziert (Gleichung (1)). Sobald die Lösung geschüttelt wird, gelangt der Sauerstoff durch Diffusion zurück in die Lösung und reoxidiert Leukomethylenblau zu Methylenblau (Gleichung (3)). Glucose, die bis dahin noch im Überschuss vorliegt, reduziert wiederum Methylenblau zu Leukomethylenblau. Die Folge ist, dass die blaue Lösung nach längerer Zeit des Stehensbleibens wieder verblasst und schließlich wieder farblos ist. Dieser Vorgang kann solange wiederholt werden, bis alle Glucose-Moleküle oxidiert sind oder der Sauerstoff verbraucht ist.

Neuer Sauerstoff kann jedoch immer wieder durch Öffnen des Gefäßes hinzu geführt werden. Der Sauerstoffverlust ist auch am schwerer gängigen Öffnen des Gefäßes zu beobachten. In Abbildung 11 ist die Gesamtgleichung dieser Redoxreaktion aufgeführt.

Die Reaktion muss im alkalischen Milieu stattfinden, um die Protonen, die bei der Oxidation von Glucose entstehen, abzufangen. Sie würden die weiteren Reaktionen verhindern und das Gleichgewicht auf die Seite der Edukte schieben. Durch die Natronlauge wird das Gleichgewicht durch Protonenabfang auf die Seite der Produkte verschoben.



Dies wird auch am zweiten Ansatz veranschaulicht. Durch die Schwefelsäure kann die Reaktion nicht weitergeführt werden, sodass es zu keiner Entfärbung kommt. Das Gleichgewicht liegt folglich auf der Seite der Glucose.

Der Unterschied zwischen „Green-Bottle-Experiment“ und „Blue-Bottle-Experiment“ liegt ausschließlich am Farbton. Bei ersterem wird von einer gelben Instantlösung ausgegangen, die sich mit dem Farbstoff Methylblau grün färbt. Bei der Entfärbung findet wieder ein Farbwechsel zur ursprünglich gelben Farbe statt. Beim Blue-Bottle-Experiment ist die ursprüngliche Farbe der Lösung farblos, sodass auch am Ende wieder eine farblose Lösung vorliegt. Für den eindrücklicheren Farbwechsel sorgt letztendlich das Blue-Bottle-Experiment, da hier der Unterschied deutlicher ist.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung

Dieses Showexperiment kann in der Schule zu Thema Kohlenhydrate durchgeführt werden. Die Kohlenhydrate werden wie die anderen Naturstoffe Proteine und Fette in der Jahrgangsstufe 11 im zweiten Halbjahr durchgenommen. Dem Lehrer wird weiterhin die Möglichkeit gegeben, durch gezielte Schwerpunktsetzung an eine dieser drei Gruppen näher heranzuführen. Dennoch spricht dieser Versuch viele Themen an und kann auch in der Jahrgangsstufe 12 im zweiten Halbjahr im Wahlthema Farbstoffe eingesetzt werden, da in diesem Versuch mit einem Phenothiazinfarbstoff gearbeitet wird oder zum Thema Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz, das im ersten Halbjahr der Jahrgangsstufe 12 bearbeitet wird. Es ist

fraglich, ob der Versuch auch in der Jahrgangsstufe 10 zum Thema Redoxsysteme Verwendung finden sollte, da die Schüler mit den verwendeten Chemikalien und auch deren Summenformeln nicht viel anfangen können. Demzufolge sollte später auf dieses Thema als Exkurs zurückgegriffen werden.

2 Aufwand

Der Aufwand für diesen Versuch ist sehr gering. Die Chemikalien für das „Blue-Bottle-Experiment“ sind an jeder Schule vorhanden. Für den Einsatz des „Green-Bottle-Experiments“ müsste gegebenenfalls Getränkeinstantpulver oder Isostar[®] gekauft werden, was aber recht kostengünstig zu bekommen ist. Der Ansatz, der Schwefelsäure enthält und aufgekocht werden muss, ist dagegen aufwändiger und dauert dementsprechend länger. Er soll jedoch nur zeigen, dass für die Reaktion ein alkalisches Medium benötigt wird, da die Protonen die weiteren Reaktionen verhindern. Es ist nicht nötig, diese Abwandlung des Versuchs zu demonstrieren.

3 Durchführung

In diesem Versuch wurden zwei sehr ähnliche Versuche getestet und verglichen. Der Unterschied liegt jedoch nur in der Farbe, der Effekt ist der Gleiche. Für Schüler ist jedoch das „Blue-Bottle-Experiment“ das eindrucksvollere, da man dort den Farbwechsel wirklich sieht. Eine Lösung, die zuvor blau gewesen ist, ist anschließend farblos. Bei dem „Green-Bottle-Experiment“ wird der Farbwechsel irgendwann sehr unscharf und nur noch schwer erkennbar. Da die Chemikalien für Schüler zugelassen sind, würde es sich zwar anbieten, den Versuch als Schülerversuch durchzuführen, doch ist dies nicht unbedingt notwendig. Der Versuch basiert auf dem Showeffekt und sollte auch dementsprechend demonstriert werden. Bei der Durchführung als Schülerversuch könnte es auch passieren, dass die Schüler die ganze Stunde mit Schütteln und Abwarten, bis sich die Lösung wieder entfärbt hat, verbringen.

Literatur

- [1] PdN ChiS 4/52. Jg **2004**. Seite 25.
- [2] <http://chemieunterricht.de/dc2/katalyse/vkat-007.htm>. (**09.12.2008**).
- [3] Soester Liste. Version 2.7.
- [4] Hessischer Lehrplan: Chemie. **2008**.

- [5] Vollhardt, K. P. C. und Neil E Schore: Organische Chemie. Übersetzungs-Hrsg: Holger Butenschön. Vierte Auflage. WILEY-VCH. Weinheim **2005**.
- [6] Mortimer, Charles, E. und Ulrich Müller: Das Basiswissen der Chemie. 8., komplett überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme Verlag. Stuttgart **2003**.
- [7] Beyer, Walter: Lehrbuch der Organischen Chemie. 24., überarbeitete Auflage mit 155 Abbildungen und 24 Tabellen. S. Hirzel Verlag. Stuttgart **2004**.
- [8] Universität Würzburg. Organische Chemie. Der „Blue-Bottle-Versuch“.
http://www-organik.chemie.uni-wuerzburg.de/fileadmin/08020000/pdf/erlebnis/blue_bottle_versuch.pdf. (23.12.2008).
- [9] Heck, M. und M. Fresenius: Repetitorium Anästhesiologie. 5. Auflage. Springer-Verlag. Seite 169.