

Praktikum zur Organischen Chemie für Studierende des Lehramts

WS 2010/11

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent(in): Sarah Henkel

Name: Johannes Hergt

Datum: 17.12.2010

Gruppe 8: Ester, Fette, Seifen u. Tenside
Assi-Versuch: Herstellung eines umweltfreundlichen
Reinigungsmittels

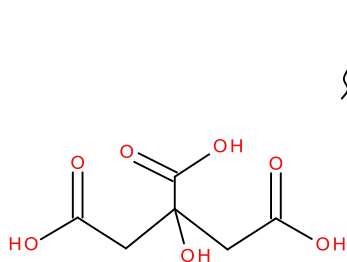
Zeitbedarf

Vorbereitung: 10 Minuten

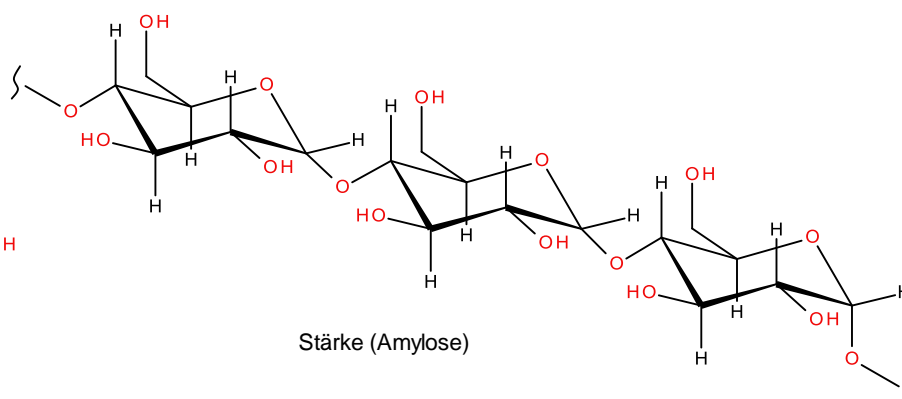
Durchführung: 40 Minuten

Nachbereitung: 5 Minuten

Beteiligte Moleküle



Zitronensäure



Stärke (Amylose)

Chemikalien [2,3]

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Zitronensäure	$C_6H_8O_7(s)$	15 g	36	26	Xi	S1
Stärke	$(C_6H_{12}O_6)_{n(s)}$	4 großzügige Spatel				S1
Geschirrspülmittel		½ Reagenzglas				S1

Geräte

- 2 Bechergläser (250 mL)
- Magnetrührer mit Rührfisch
- Reagenzglas

Aufbau

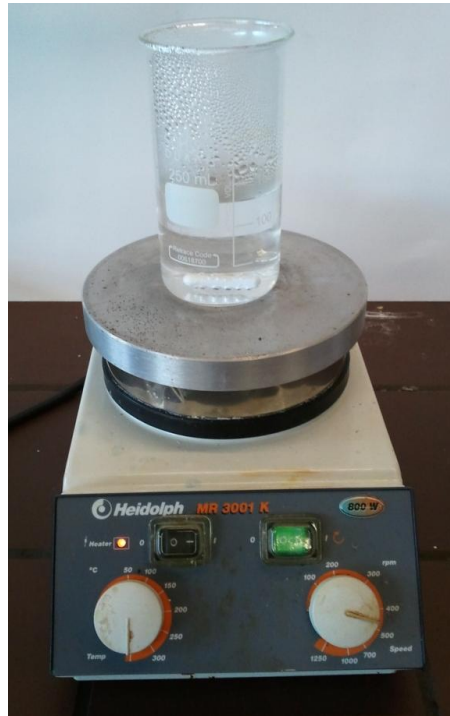


Abb. 1: Versuchsaufbau.

Durchführung

Zur Versuchsvorbereitung wird zunächst eine Stärkelösung angesetzt. Dazu werden vier Spatel Mais- oder Kartoffelstärke in ca. 30 mL entmineralisiertem Wasser gelöst.

Im Hauptversuch werden 15 g Zitronensäure in ca. 120 mL entmineralisiertes Wasser gegeben und auf dem Magnetrührer bis zum Sieden erhitzt (siehe Abb. 1). Sodann wird unter Rühren die bereits angesetzte Stärkelösung zugeführt. Die Lösung wird noch einmal aufgeköcht und anschließend zum Abkühlen vom Magnetrührer genommen.

Nach dem Abkühlen wird ein halbes Reagenzglas Geschirrspülmittel unter Rühren (mit Glasstab) dazugegeben.

Beobachtung

Wird Zitronensäure in Wasser gelöst, liegt rasch eine klare Lösung vor. Nach Zugabe der weißen Stärkelösung, wird die Lösung zähflüssig. Dies ist u.a. daran zu erkennen, dass sich vom Rührfisch ausgehend kein Strudel mehr bildet. Wird nun das Geschirrspülmittel zugeführt, schwimmt dieses zunächst oben auf, lässt sich aber mit Hilfe eines Glasstabs in die zähflüssige Lösung einrühren. Als Produkt wird eine zähe, blass-grüne Flüssigkeit erhalten, die, in einer Geschirrspülmittelflasche abgefüllt, einen authentischen Eindruck macht, als Spülmittel jedoch nur mittelmäßig taugt.

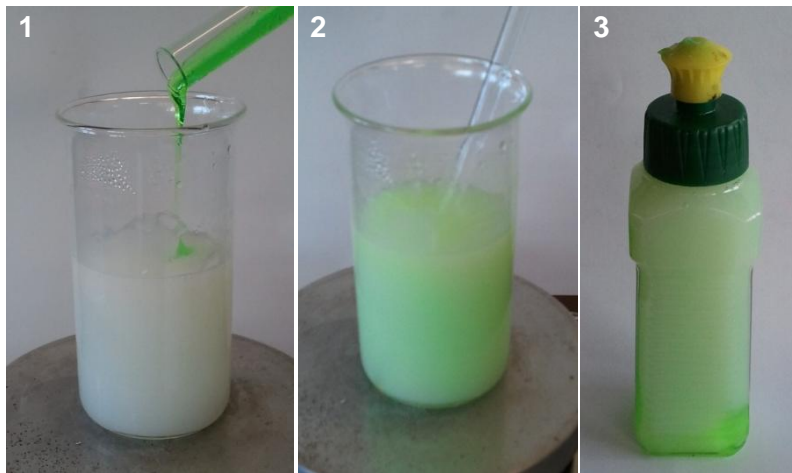


Abb. 2: Das grüne Geschirrspülmittel bleibt an der Oberfläche der Lösung **1**.
Die dickflüssige, grüne Lösung **2** in einer Flasche abgefüllt **3**.

Entsorgung

Im Versuch entstehen keine Abfälle.

Fehlerbetrachtung und Fachliche Auswertung ^[4-7]

Da eine Versuchsvorschrift zur Herstellung eines umweltfreundlichen Reinigungsmittels in der Literatur nicht gefunden werden konnte, wurde der Versuch nach einem Versuchsprotokoll^[1] durchgeführt.

Die Verwendung von Stärke (die in keiner Weise weiterreagiert) als Reinigungsmittel, wie in der Versuchsdurchführung vorgeschrieben, macht keinen Sinn. Ein Reinigungsmittel kann nur dann als solches wirken, wenn es Moleküle enthält, die sowohl einen polaren als auch einen unpolaren Molekülteil enthalten (→ sie müssen grenzflächenaktiv sein). Stärke, deren Hauptzusammensetzung aus Amylose und Amylopektin besteht, weist jedoch einen rein polaren Charakter auf.

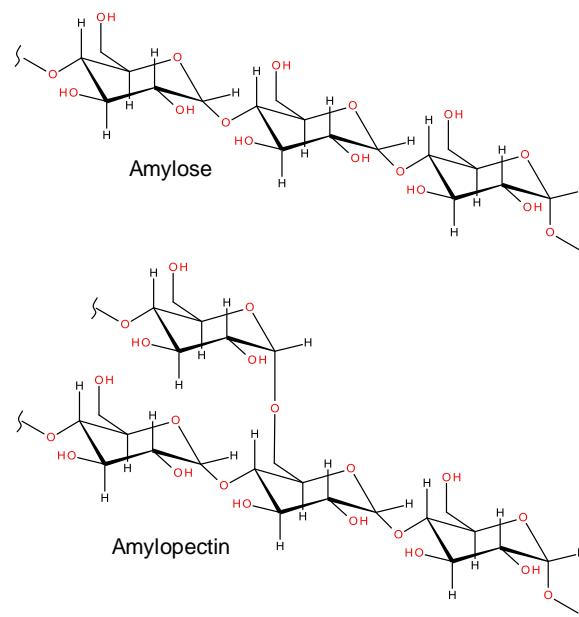


Abb. 3: Amylose und Amylopektin als Bestandteile der Stärke.

Durch eine säurekatalysierte Reaktion der Stärke mit einem Fettalkohol (langkettiger, primärer Alkohol) können sog. Alkylpolyglycoside (APG) gewonnen werden, deren Tauglichkeit als Reinigungsmittel und Haut- und Umweltverträglichkeit sehr gut sind. Bei der dabei stattfindenden Reaktion handelt es sich um eine Ethersynthese.

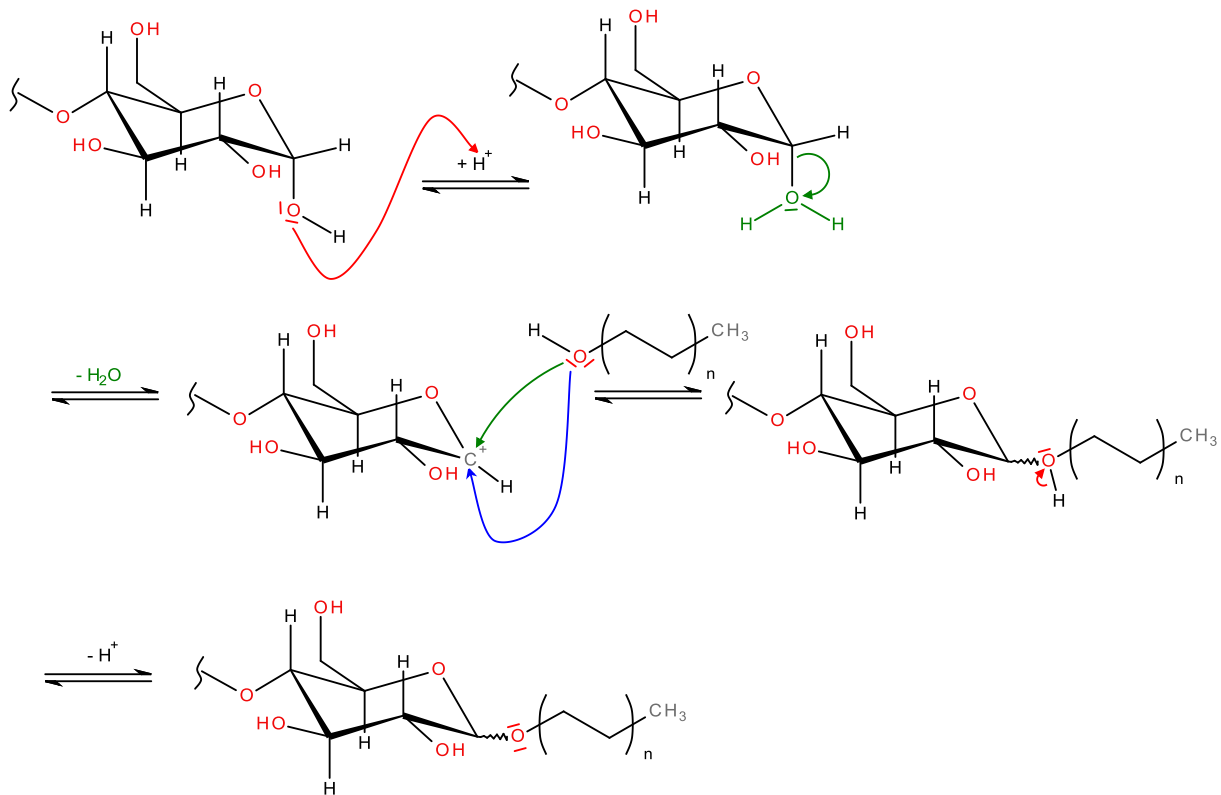


Abb. 4: Reaktionsmechanismus zur Synthese eines Alkylpolyglycosids mit Amylose und einem Fettalkohol.

Die Ethersynthese ist eine S_N1 -Reaktion. Aufgrund der Ausbildung eines Carbokations kann ein nucleophiler Angriff von zwei Seiten erfolgen. Die Reaktion ist deshalb nicht stereospezifisch. Aufgrund der Reversibilität der einzelnen Reaktionsschritte muss zudem Wärme zugeführt werden, um das Reaktionsgleichgewicht auf die Seite der Produkte zu bringen. Da an den Glucoseeinheiten der Amylose bzw. des Amylopectins mehrere Hydroxygruppen vorliegen, ist eine Wasserabspaltung auch an anderen Stellen möglich. Als ein Hauptreaktionsprodukt könnte z.B. die folgende Verbindung aus der Reaktion von Undecanol und Stärke hervorgehen:

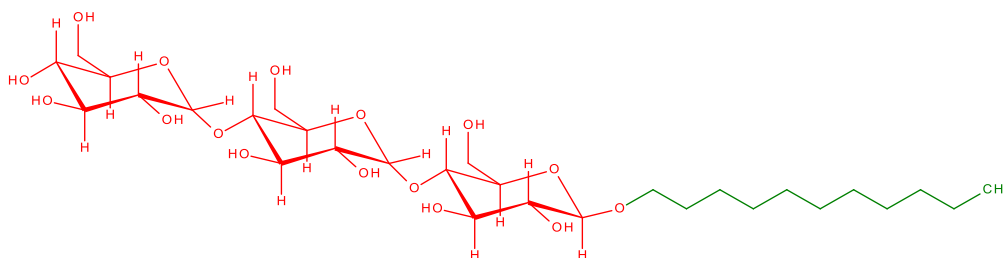


Abb. 5: Beispiel für ein Alkylpolyglycosid (rot: polarer Teil; grün: unpolarer Teil).

In Abb. 5 wird die Funktionsweise des Alkylpolyglycosids als Reinigungsmittel deutlich. Der unpolare, langkettige Alkylrest ermöglicht die Bindung von Schmutzpartikeln mittels Van-der-Waals-Kräften und der polare „glycosidische“ Teil des Moleküls sorgt für die Löslichkeit in Wasser über Wasserstoffbrücken-Bindungen.

APGs gehören zu den nichtionischen Tensiden. Sie sind neben anionischen Tensiden in jedem guten Waschmittel enthalten. Der Unterschied zu letzteren liegt darin, dass nichtionische Tenside, in Wasser gelöst, nicht zu einem Anion und einem Kation dissoziieren. Diese Eigenschaft ist insbesondere deshalb von Vorteil, weil der Härtegrad des Wassers so keinen Einfluss auf die Reinigungskraft des nichtionischen Reinigungsmittels besitzt. Liegen z.B. viele Calciumkationen (als ein Wasserhärtefaktor) im Wasser vor, wird der Wirkungsgrad anionischer Tenside hingegen vermindert. Die Menge an Calciumkationen hat jedoch keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad der APGs. Gleiches gilt für die pH-Abhängigkeit: Der Wirkungsgrad von APGs ist im Gegensatz zu anionischen Tensiden pH-unabhängig.

Im Versuch wurde neben Stärke auch Zitronensäure eingesetzt. Diese wirkt wasserenthärtend (erhöht somit den Wirkungsgrad anionischer Tenside), indem sie mit Metallen, wie z.B. Calcium, wasserlösliche Dicitrato-Komplexe bildet.

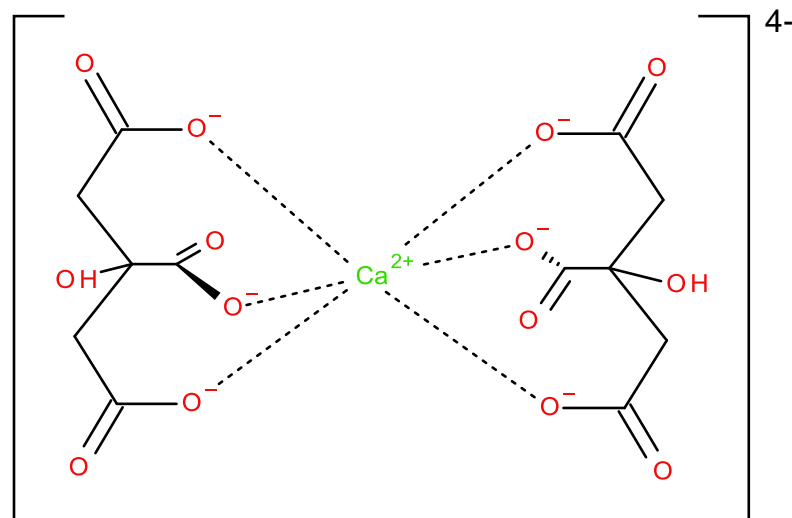
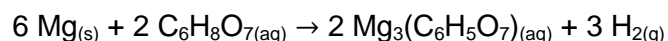


Abb. 6: Dicitratokomplex.

Als schwache Säure kann sie zudem unedle Metalle, wie Magnesium, protonieren und so in wasserlösliche Salze überführen.



Aus diesem Grund befindet sich Zitronensäure in größeren Mengen in Klarspülern. Da Gläser wünschenswerterweise immer klar und glänzend, also nicht verkalkt sein sollten, ist ein besonders hoher Anteil von Zitronensäure im Spülmittel deshalb sinnvoll.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung^[8]

Laut hessischem Lehrplan werden die Strukturen und Eigenschaften von Seifen bzw. synthetischen Tensiden unter dem Gesamthema „Grenzflächenaktive Substanzen“ im zweiten Halbjahr der zwölften Klasse (Qualifikationsphase 4) behandelt. Der Versuch (in der vorgestellten, abgewandelten Form als Synthese eines umweltfreundlichen Tensids) kann somit gut in den Lehrplan eingebettet werden. Die Behandlung der Ethersynthese ist im Lehrplan zwar nicht vorgesehen, da sie jedoch auf Vorkenntnissen aufbaut (S_N1 -Reaktion), kann sie als sinnvolle Vertiefung und Festigung bereits bekannten Wissens angesehen werden.

Da Reinigungsmittel Bestandteil eines jeden Haushalts sind, ist ein unmittelbarer Bezug zum Alltag vorhanden. Einige Schüler werden die Begriffe anionische und nichtionische Tenside bereits auf Spülmittel-Verpackungen gelesen haben. So weckt der Versuch die Neugier darauf, wie ein solches Mittel hergestellt werden kann und was es mit den Begrifflichkeiten auf sich hat.

2 Aufwand

Der Versuchsaufwand ist relativ gering. Es müssen keine aufwändigen Apparaturen aufgebaut werden und es bedarf keiner teuren Chemikalien. Des Weiteren fallen keine Abfälle an. Verläuft die Durchführung des Versuchs erfolgreich, wird ein im Laboralltag zur Reinigung verwendbares Produkt, erhalten.

3 Durchführung

Auf Grund des geringen Aufwands und der nicht kostspieligen Chemikalien eignet sich der Versuch besonders als Schülerversuch. Der Lehrer sollte die Stärkelösung bereits in großen Mengen vor der Unterrichtsstunde ansetzen. Um die Veretherung zum APG durchführen zu können, sollte der Lehrer zusätzlich zu den in Tab. 1 aufgeführten Chemikalien noch einen Fettalkohol zur Verfügung stellen. Hier würde sich z.B. 1-Tetradecanol (Myristylalkohol) aufgrund seiner Ungiftigkeit anbieten. Des Weiteren müsste eine Säure zur Katalyse bereitgestellt werden.

Nach der Versuchsdurchführung könnten die Beobachtungen der Schüler im Plenum zusammengetragen werden und anschließend gemeinsam der Reaktionsmechanismus der Ethersynthese und die Wirkungsweise der APGs erarbeitet werden.

4 Fazit

Der Versuch ist in abgewandelter Form (also als Synthese von APG) aufgrund seiner guten Einbettung in den Lehrplan und seines Alltagsbezugs gut als Schülerversuch geeignet.

Quellenverzeichnis

- [1] Versuchsquelle: Protokoll von Miriam Wagner
- [2] GESTIS - Stoffdatenbank:
<http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=templates&fn=main-hit-h.htm&2.0>
(Zugriff am 18. Dezember 2010)
- [3] HessGISS - GUV-Regel Umgang mit Gefahrenstoffen im Unterricht
Ausgabe Januar 1998 (Aktualisierte Fassung Juni 2004)
- [4] Vollhardt, K. Peter C. und Neil E. Schore: *Organische Chemie*. Vierte Auflage. Wiley-VCH Verlag. Weinheim **2005**. S. 406 f., 1292 f.
- [5] <http://www.seilnacht.com/waschm/vollw.html>
Titel: Zusammensetzung moderner Waschmittel
Urheber: Peter Seilnacht
Zugriff am 18. Dezember 2010
- [6] http://www.chemieunterricht.de/dc2/citrone/c_t6.htm
Titel: Eigenschaften der Zitronensäure
Urheber: Prof. Blume
Zugriff am: 28. Dezember 2010
- [7] Beyer, Walter: *Lehrbuch der Organischen Chemie*. 24. Auflage. S. Hirzel Verlag. Stuttgart **2009**. S. 262
- [8] Hessischer Lehrplan: Chemie. **2010**
http://www.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2
(Zugriff am 18. Dezember 2010)