

Praktikum zur Organischen Chemie für Studierende des Lehramts

WS 2010/11

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent(in): Sarah Henkel

Name: Johannes Hergt

Datum: 9.12.2010

Gruppe 8: Ester, Fette, Seifen und Tenside

Versuch (Verseifung): Seife aus Butter

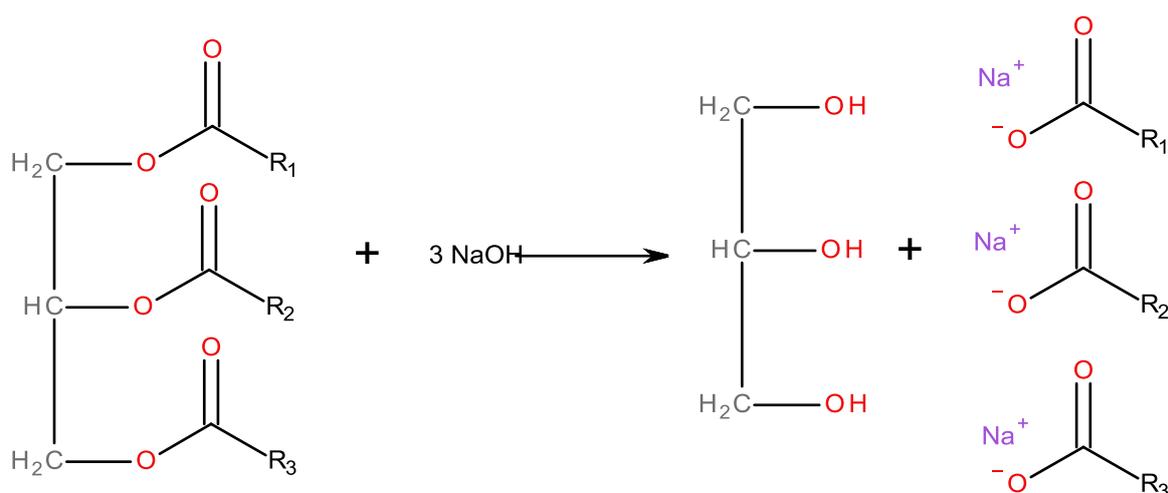
Zeitbedarf

Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: 30 Minuten (ohne Warten!)

Nachbereitung: 5 Minuten

Reaktionsgleichungen



Chemikalien ^[1,2]

Tab.1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Butter		5 g				S1
Rohrfrei (NaOH + Al)		15 g	35	26-37-39-45	C	S1
Kochsalzlösung (gesättigt)	NaCl _(aq)	80 mL				S1
Kochsalzlösung (w = 0,2)	NaCl _(aq)	200 mL				S1

Geräte

- 2 Bechergläser (250 mL)
- Magnetrührer mit Rührfisch
- Trichter
- Filterpapier
- Uhrglas

Aufbau

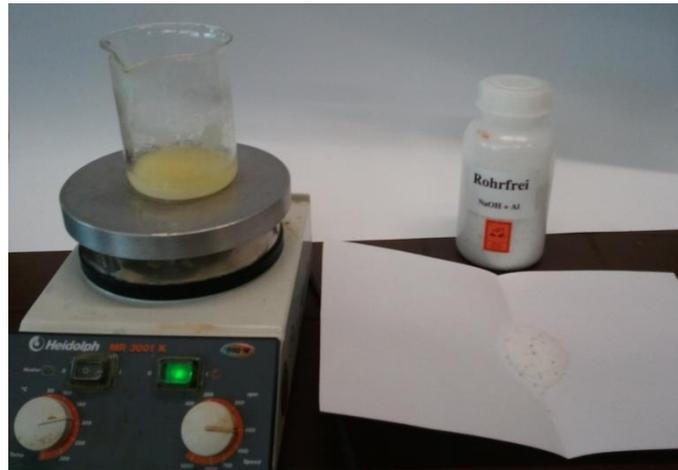


Abb. 1: Versuchsaufbau.

Durchführung

Im Versuch werden zunächst 5 g Butter in ein Becherglas (250 mL) mit 20 mL entmineralisiertem Wasser gegeben und bis zum Sieden erhitzt. Portionsweise werden nun 15 g Rohrfrei zugeführt und 20 Minuten lang weiter gekocht. Zu der Lösung werden anschließend 80 mL einer gesättigten Kochsalzlösung gegeben und noch einmal aufgekocht. Die Lösung wird über zwei Stunden in den Kühlschrank gestellt. Sodann wird der gebildete Feststoff abgeschöpft und zu einer 20%-igen Kochsalzlösung gegeben. Noch einmal wird das Ganze aufgekocht, sich nicht lösende Substanzen abgeschöpft und die Lösung anschließend noch einmal über zwei Stunden in den Kühlschrank gestellt. In einem letzten Schritt wird die Lösung filtriert. Das Filtrat wird entsorgt und das gewünschte Produkt bleibt (als Filterkuchen) zurück.

Beobachtung

Beim Aufkochen der Butter in Wasser mit Rohrfrei schäumt die Lösung stark auf.



Abb. 2: Aufschäumen der Lösung.

Wird gesättigte Kochsalzlösung zugeführt und aufgekocht, löst sich der größte Teil der oben schwimmenden, öligen Substanz. Beim Abkühlen bildet sich an der Oberfläche der wässrigen Lösung ein grau-gelber Feststoff (siehe Abb. 3). Wird nach weiterem Erhitzen mit Kochsalzlösung filtriert, so bleibt das seifenartige (jedoch immer noch ein wenig fettige) Produkt als Filterkuchen zurück (siehe Abb. 4).



Abb. 3: Ein grau-gelber Feststoff schwimmt an der Oberfläche.

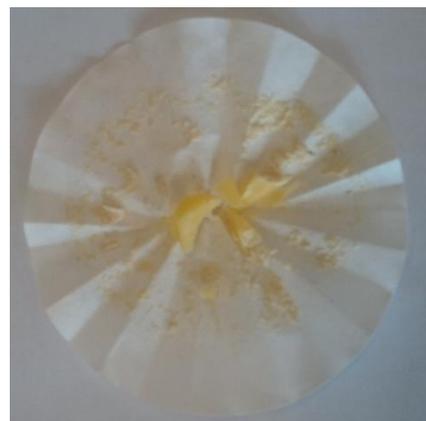


Abb. 4: Seifenartiger Filterkuchen als Produkt.

Entsorgung

Rohrfrei kann in den Abguss gegeben werden.

Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse ^[4-7]

Öle und Fette bestehen nahezu ausschließlich aus Glycerinestern, die auch Glyceride oder Acylglycerine genannt werden. Dabei bilden die Kohlenstoffatome des Glycerins (Propantriol) das Grundgerüst des Moleküls. Anstelle der drei Hydroxygruppen befinden sich Esterverknüpfungen zu sowohl kurz- aber hauptsächlich langkettigen Carbonsäuren.

tierische Fette bestehen hauptsächlich aus Glyceriden von drei relativ langkettigen Carbonsäuren: Palmitin-, Stearin- und Ölsäure (Beispiel siehe Abb. 5).

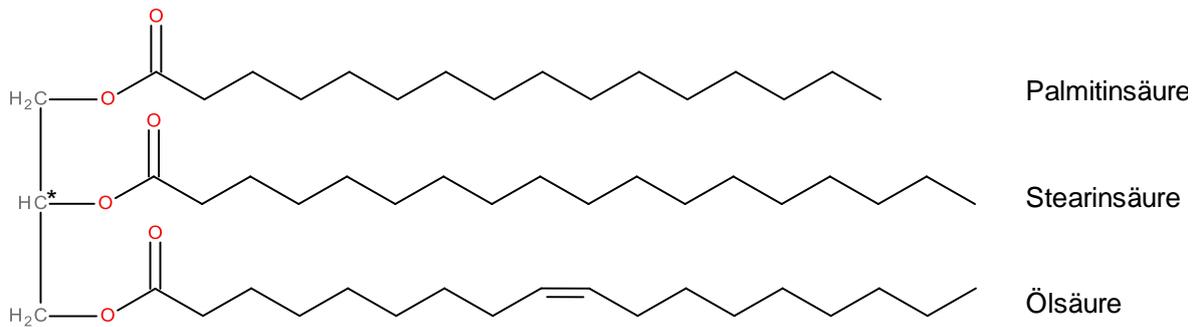


Abb. 5: Beispiel eines Triglycerids.

Die Ölsäure enthält im Gegensatz zur Palmitin- und Stearinsäure eine Doppelbindung. Eine solche Fettsäure wird ungesättigt genannt. Pflanzliche Öle, wie z.B. Oliven-, Nuss- oder Rapsöl, enthalten deutlich mehr ungesättigte Fettsäuren als Tierische Fette und sind aus diesem Grund auch gesünder für den Menschen.

Die mehrfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren sind für den Menschen essentiell, d.h. sie können nicht vom Menschen selbst hergestellt werden und müssen deshalb über die Nahrung aufgenommen werden. Zu ihnen gehört z.B. die Alpha-Linolensäure (Abb. 6). Sie werden als Omega-3-Fettsäuren bezeichnet, da sie am dritten Kohlenstoffatom vor dem Ende (Omega) der Kohlenstoffkette (von der Carboxylgruppe aus gesehen) eine Doppelbindung besitzen.

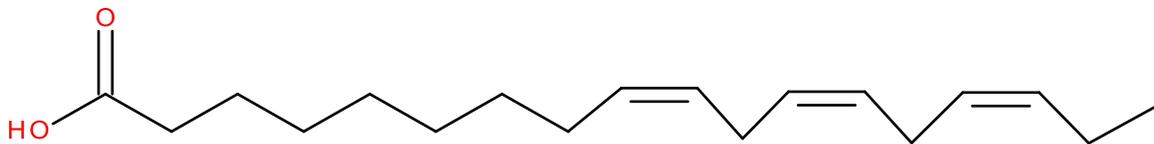


Abb. 6: Alpha-Linolensäure als Beispiel einer Omega-3-Fettsäure.

Milchfett (so wie die im Versuch verwendete Butter) enthält neben Palmitin-, Stearin- und Ölsäure auch noch kurzkettige Fettsäuren, wie z.B. Buttersäure.

Im Versuch wurde Butter in ein seifenartiges Produkt überführt. Die dabei stattfindende Reaktion wird aus diesem Grund auch Verseifung genannt. Es handelt sich dabei um die Spaltung der in der Butter vorhandenen Triglyceride durch Hydrolyse. Diese erfolgt als Umkehrreaktion der Veresterung ebenfalls über eine tetraedrische Zwischenstufe, in der das zentrale Kohlenstoffatom der Estergruppe nicht mehr sp^2 - sondern sp^3 -hybridisiert vorliegt.

Es erfolgt bei der Verseifung zunächst ein nucleophiler Angriff der Hydroxidionen (In Rohrfrei ist Natriumhydroxid enthalten!) am Kohlenstoffatom des Carbonyls. Die anschließend vorliegende tetraedrische Zwischenstufe wird durch die Anwesenheit der Natriumkationen stabilisiert. Bis zu diesem Teilschritt der Reaktion ist diese reversibel.

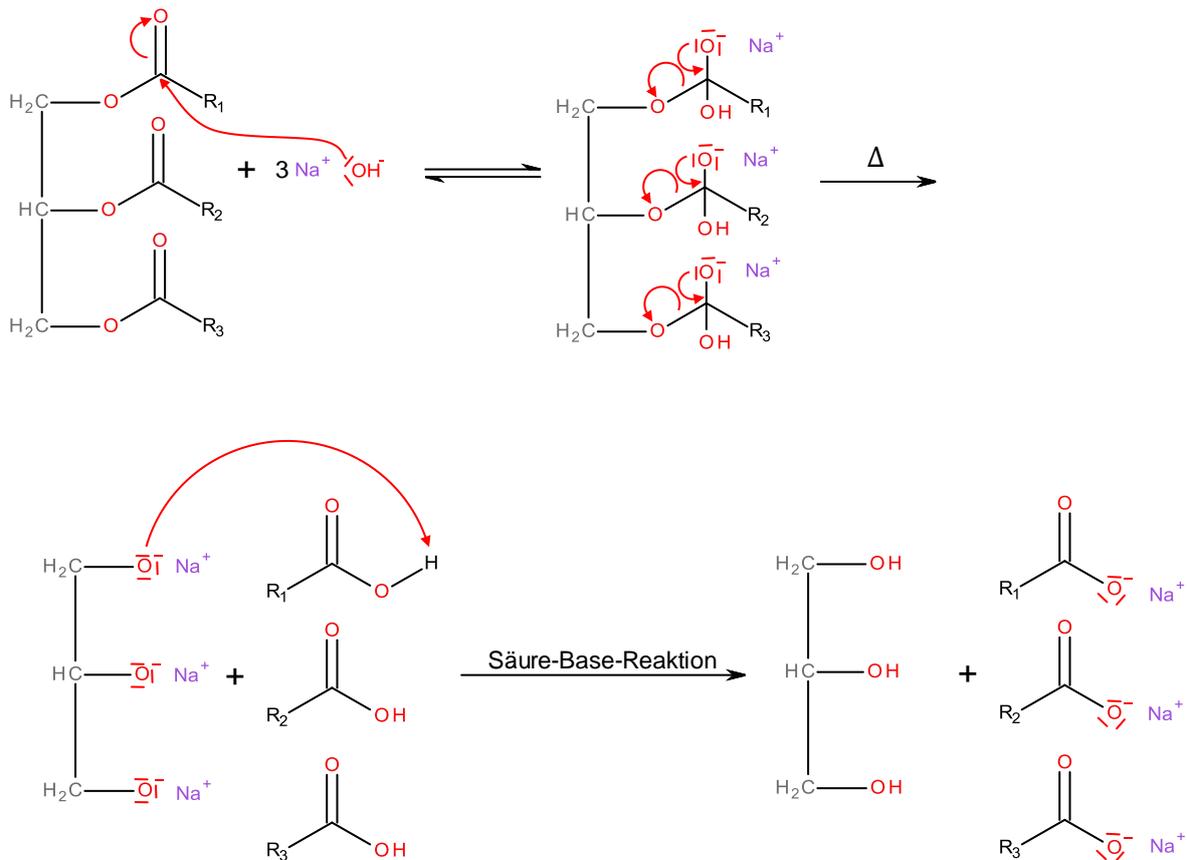


Abb. 7: Reaktionsmechanismus zur Verseifung eines Triglycerids.

Aufgrund der zugeführten Wärme erfolgt im weiteren Verlauf jedoch die Esterspaltung, die nicht mehr reversibel ist. Aus diesem Grund verschiebt sich das Gleichgewicht der ersten Teilreaktion auf die Seite des Zwischenprodukts.

Aus der Esterspaltung geht u.a. ein dreiwertiges Enolat hervor. Die Fettsäuren der Butter liegen nun frei als Säuren vor und sind nicht mehr an das Kohlenstoffgerüst des Glycerins über eine Esterbindung „gekoppelt“. Da Fettsäuren acider als Alkohole sind, findet eine Protonenübertragung (Säure-Base-Reaktion) statt, sodass Glycerin und die Alkalisalze der Fettsäuren (mit den noch vorliegenden Natriumkationen) als Produkt vorliegen.

Im Versuch wird mit Kochsalzlösung und nicht mit reinem Wasser gearbeitet, weil diese aufgrund der Natrium- und Chloridionen ein noch stärker polares Lösungsmittel darstellt und die Carboxylate sich so schlechter lösen.

Unter Anderem ist auch Natriumstearat, welches Hauptbestandteil vieler industriell hergestellter Seifen ist, bei der Verseifung der Butter entstanden.



Abb. 8: Natriumstearat (polarer Teil: rot; unpolarer Teil: grün).

Die Wirkungsweise der Seife beruht auf dem langen unpolaren, aliphatischen Rest des Carboxylats und dem hydrophilen „Kopf“, also der polaren Carboxylatgruppe selbst.

Der organische Teil besitzt ein relativ großes „Schmutztragevermögen“. Schmutzpartikeln haften dort durch Van-der-Waals-Wechselwirkungen an. Die hydrophile Carboxylatgruppe ermöglicht durch die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen mit Wassermolekülen die Löslichkeit des Moleküls (samt Schmutzpartikel) in Wasser. Die Seife wirkt deshalb als Emulgator: Stoffe die sich nicht mischen (Schmutz und Wasser) werden durch Zugabe einer dritte Komponente (Seife) mischbar.

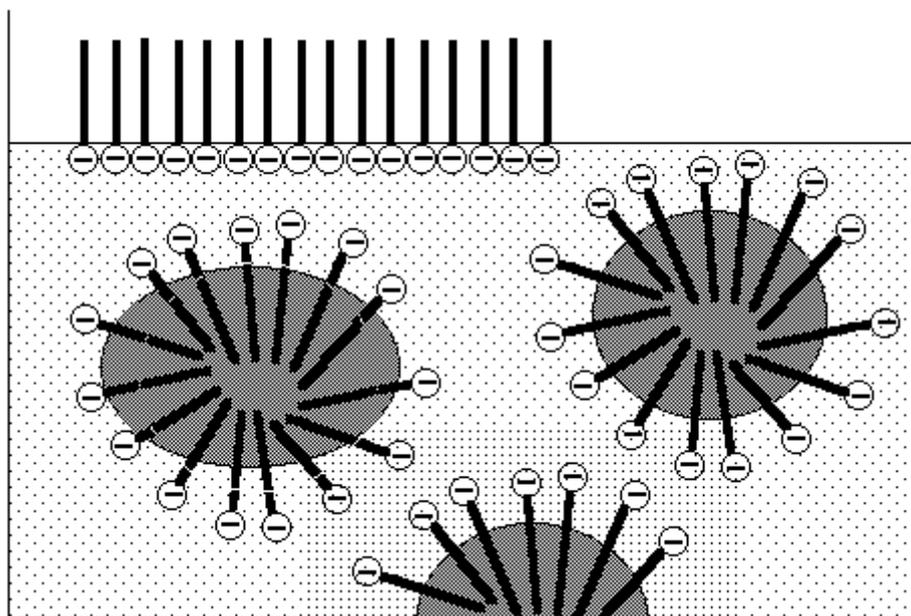


Abb. 9: Anhaftung des unpolaren Teils an Schmutzpartikel. „Polare Köpfe“ ermöglichen Löslichkeit in Wasser. Verringerung der Oberflächenspannung des Wassers durch Anordnung an der Oberfläche.^[6]

Des Weiteren wird die Netzkraft des Wassers durch die Ausrichtung der Carboxylate an der Wasseroberfläche herabgesetzt. Dies ist für Waschmittel von besonderer Wichtigkeit, weil sie so durch die herabgesetzte Oberflächenspannung besser in das Wasser eindringen können, also besser wirken können.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung^[8]

Laut hessischem Lehrplan werden die Eigenschaften und Reaktionen von Fetten im zweiten Halbjahr der zwölften Klasse behandelt. In diesem Rahmen ist die Verseifung als Umkehrreaktion zur meist bereits behandelten Veresterung eine sehr wichtige Reaktion. Deshalb ist der Versuch „Seife aus Butter“ ein sinnvoller Versuch zur Vertiefung der Eigenschaften bzw. Reaktionen von Fetten.

Aufgrund der verwendeten Haushaltsmittel Butter und Rohrreiniger ist zudem ein sehr guter Alltagsbezug vorhanden.

2 Aufwand

Die Vorbereitung des Versuchs nimmt nicht viel Zeit in Anspruch. Wird der Versuch als Schülerversuch durchgeführt, muss der Lehrer lediglich Butter und Rohrreiniger bereitstellen und eine gesättigte, sowie eine 20%-ige Kochsalzlösung ansetzen. Der Aufbau einer aufwendigen Apparatur ist nicht nötig. Die Schüler können Magnetrührer und Erlenmeyerkolben selbst aufbauen. Die Durchführung des eigentlichen Versuchs ist auf Grund der langen Wartezeiten (beim Abkühlen der Lösungen) relativ zeitintensiv. Die Entsorgung ist relativ schnell erledigt.

Die verwendeten Haushaltschemikalien sind allesamt günstig, weshalb auch eine Verwendung großer Mengen unproblematisch ist.

3 Durchführung

Die Wartezeit während des Abkühlens sollte nicht als ungenutzte Zeit verstreichen. Es bietet sich an, während dieser Zeit, Beobachtungen zusammenzutragen, zu deuten und die Theorie zum Versuch festzuhalten. Alternativ könnte die Lösung auch über eine oder mehrere Nächte stehen gelassen werden und der Versuch in der nächsten Stunde fortgeführt werden. Die Hausaufgabe könnte dann sein, sich über Fette und die Zusammensetzung der Butter zu informieren.

Auf Grund der ungefährlichen Chemikalien bietet sich der Versuch sehr gut als Schülerversuch an. Die Schüler kennen die verwendeten Chemikalien aus dem Alltag. Jene Chemikalien tragen somit zur Neugier bei: „Was wird passieren?“.

4 Fazit

Auf Grund des guten Alltagsbezugs, der ungiftigen Chemikalien und der Lehrplanrelevanz ist der Versuch gut als Schülerversuch geeignet.

Quellenverzeichnis

- [1] Versuchsquelle:
Neumann, K. J. Freiberg und A. Flint: *Verseifung von Butter*. ChemKon. Wiley-VCH. Stuttgart **2003**. S. 143 f.
- [2] GESTIS - Stoffdatenbank:
<http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=templates&fn=main-hit-h.htm&2.0>
(Zugriff am 13. Dezember 2010)
- [3] HessGISS - GUV-Regel Umgang mit Gefahrenstoffen im Unterricht
Ausgabe Januar 1998 (Aktualisierte Fassung Juni 2004)
- [4] Beyer, Walter: *Lehrbuch der organischen Chemie*. 24. Auflage. S. Hirzel Verlag. Stuttgart **2004**. S. 259.
- [5] Reinhard Brückner, *Reaktionsmechanismen*, 3. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg, **2007**, S. 291.
- [6] <http://www.tgs-chemie.de/waschmittel.htm>
Titel: Tenside und Waschmittel
Urheber: Franz Hetzer
Zugriff am: 13. Dezember 2010
- [7] <http://www.eufic.org/article/de/artid/Die-Bedeutung-der-Omega-3-und-Omega-6-Fettsaeuren/>
Titel: Die Bedeutung der Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren
Urheber: European Food International Council
Zugriff am: 13. Dezember 2010
- [8] Hessischer Lehrplan: Chemie. **2010**
http://www.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2
(Zugriff am 13. Dezember 2010)