

Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts

WS 08/09

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent: Jan Schäfer

Name: Sarah Henkel

Datum: 04.12.2008

Gruppe 8: Ester, Fette, Seifen und Tenside

Versuch: Herstellung von Seifen aus Fetten

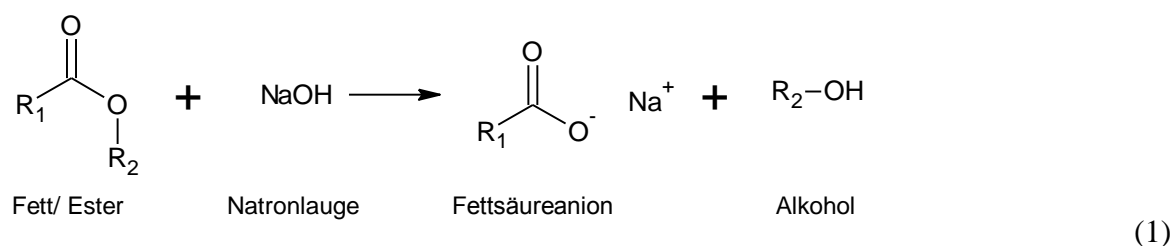
Zeitbedarf

Vorbereitung: 2 Minuten

Durchführung: 20 Minuten

Nachbereitung: 5 Minuten

Reaktionsgleichung



Chemikalien

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Formel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schuleinsatz
Speiseöl		10 g	-	-	-	S I
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	10 mL	11	2-7-16	F	S I
Natronlauge (w = 20 %)	NaOH	30 mL	35	26- 36/37/39-45	C	S I
Wasser	H ₂ O		-	-	-	S I
Natriumchlorid-Lösung (gesättigt)	NaCl	100 mL	-	-	-	S I

Geräte

- Becherglas (600 mL)
- Becherglas (250 mL)
- Bunsenbrenner
- Dreifuß
- Drahtnetz
- Glasstab
- Filterpapier
- Saugflasche
- Büchnertrichter
- Membranpumpe oder Wasserstrahlpumpe
- Petrischale
- Reagenzglas mit Stopfen
- Spatel

Aufbau

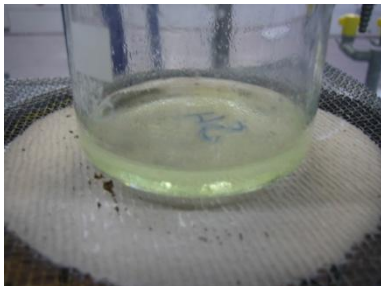


Abb. 1: Speiseöl mit Ethanol.

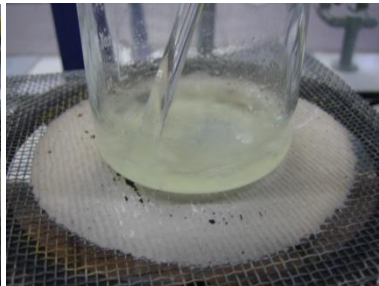


Abb. 2: Erhitztes Speiseöl mit Ethanol.



Abb. 3: Speiseöl, Ethanol und NaOH.



Abb. 4: Verseifung.



Abb. 5: Viskose Seife.



Abb. 6: Hergestellte Kernseife.

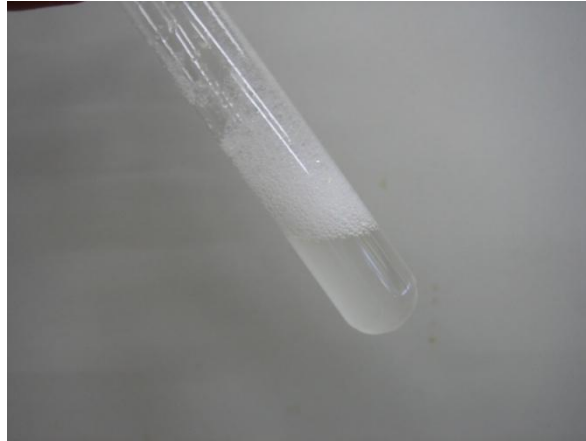


Abb. 7: Schäumende Seife im Reagenzglas mit Wasser.

Durchführung

Zunächst werden 10 g Speiseöl mit 10 mL Ethanol in einem 600 mL-Becherglas mithilfe eines Bunsenbrenners auf kleiner Flamme bis zum Sieden erhitzt. Während des Erhitzens muss ständig umgerührt werden. Anschließend werden langsam 30 mL der 20%igen Natronlauge unter ständigem Umrühren in das Becherglas gegeben. Das Gemisch wird 10-15 Minuten weiter erhitzt. Das verdampfende Wasser wird kontinuierlich durch neues ersetzt. Nach dem Erkalten wird das Gemisch in 100 mL gesättigte Kochsalz-Lösung gegossen. Die ausgeflockte Seife kann mithilfe eines Büchnertrichters und einer Membranpumpe abgesaugt werden. Für die Überprüfung der Seifeneigenschaften wird eine kleine Spatelspitze in ein Reagenzglas gegeben, mit etwas Wasser aufgefüllt und geschüttelt.

Beobachtung

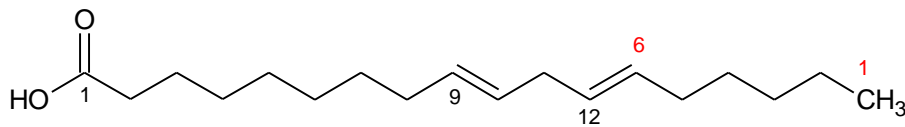
Beim Zusammengießen von Ethanol zum Speiseöl ist zuerst keine Mischung zu sehen. Nach kurzer Zeit und mithilfe des Erhitzens bildet sich jedoch eine klare, hellgelbe Lösung, die beim Sieden etwas trüber wird. Nachdem die Natronlauge dazu gegeben wurde, ist eine intensive Gelbfärbung einer leicht trüben Lösung zu erkennen. Beim weiteren Erhitzen bildet sich die gelbe Farbe zurück und die Trübung nimmt sehr stark zu. Beim Rühren fällt auf, dass die Mischung immer viskoser wird und von der Konsistenz immer mehr der von Seife gleicht. Leider war ein Überkochen der Seife nicht zu vermeiden, da sich die Mischung beim Erhitzen stark aufgebläht hat. Beim Absaugen sind beigefarbene Kernseifeflocken auf dem Filterpapier zurückgeblieben. Das Schütteln mit Wasser im Reagenzglas führte zu einer starken Schaubildung.

Entsorgung

Die feste Seife kann in die Feststofftonne entsorgt werden. Die übrig gebliebenen Lösungen werden neutral in den Abguss gegeben.

Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Dieser Versuch wurde mit Distelöl durchgeführt. Distelöl enthält 75 % ungesättigte Fettsäuren und davon 78 % Linolsäure (9,12-Octadecadiensäure). Die Summenformel lautet $C_{17}H_{31}COOH$. Linolsäure ist eine zweifach ungesättigte Fettsäure mit den Doppelbindungen am neunten und zwölften Kohlenstoffatom. Die Linolsäure gehört zu den Omega-6-Fettsäuren. In der Bezeichnung Omega-6-Fettsäure bezieht sich das „Omega“ auf die Zählung beginnend bei der Methylgruppe. Die Zahl „6“ gibt die Stelle an, an der die erste Doppelbindung vorhanden ist. Die Rückwärtszählung ist in Abbildung 8 in rot gekennzeichnet.



Linolsäure/ 9,12-Octadecadiensäure

Abb. 8: Struktur der Linolsäure.

Omega-6-Fettsäuren werden sowohl aus tierischen als auch aus pflanzlichen Nahrungsquellen aufgenommen. Für den Menschen ist Linolsäure eine essentielle Fettsäure, die er nicht selbst herstellen kann. Für die Gesundheit ist eine gewisse Menge an ungesättigten Fettsäuren in der Nahrung notwendig. Dabei sollten sowohl Omega-6- als auch Omega-3-Fettsäuren aufgenommen werden, wobei das Verhältnis der Omega-6-Fettsäuren zu den Omega-3-Fettsäuren um einen bestimmten Teil größer ist. Linolsäure ist in verschiedenen Speiseölen enthalten. Dazu gehören: Distel-, Sonnenblumen-, Soja-, Nachtkerzen-, Maiskeim-, Kürbiskern- und Weizenkeimöl.

In diesem Versuch wurde zunächst aus der im Distelöl enthaltenen Linolsäure mit Ethanol der Linolsäureethylester gewonnen. Dieser entsteht beim Erhitzen des Speiseöls mit dem Ethanol.

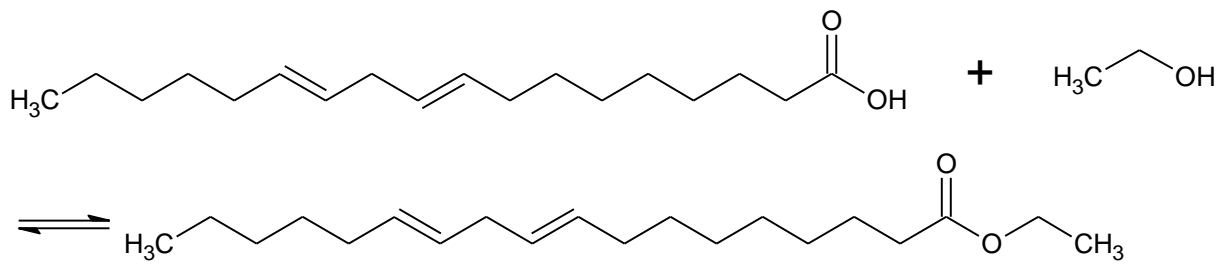


Abb. 9: Darstellung des Linolsäureethylesters.

Im Anschluss findet die Verseifung statt, indem die Natronlauge zugesetzt wird. Bei der Verseifung findet zuerst ein elektrophiler Angriff der Hydroxylgruppe auf das partiell positiv geladene Kohlenstoffatom der Estergruppe statt. Die Hydroxylgruppe wird addiert und im nächsten Schritt wird das Alkoholat-Ion abgespalten. Neben dem Alkoholat-Ion ist Linolsäure entstanden, die anschließend vom Alkoholat-Ion deprotoniert wird. Als Produkte werden Ethanol und das Fettsäureanion erhalten.

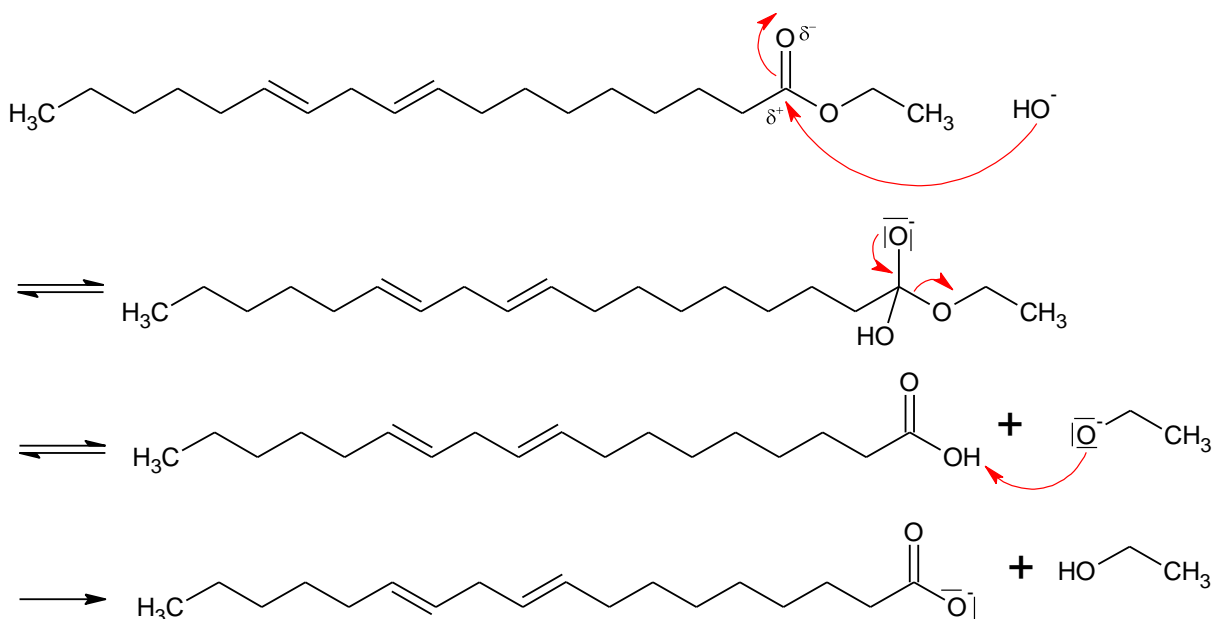


Abb. 10: Mechanismus der Verseifung.

Mit dem in der Natronlauge enthaltenen Natrium-Kation wie auch dem Natrium-Kation aus der NaCl-Lösung bildet das Fettsäureanion die Seife. Seifen, die mit Natronlauge hergestellt werden, werden auch als Kernseifen bezeichnet. Ihre Konsistenz ist eher hart. Im Gegensatz dazu werden aus Kaliumsalzen Schmierseifen gewonnen, die eine weichere Konsistenz aufweisen.

Das Carboxylat-Anion eines Fettsäure-Anions ist aufgrund der Polarität hydrophil, während der lange Alkylrest hydrophobe Eigenschaften hat. Durch die Abdeckung dieser beiden Ei-

genschaften in einem Molekül, werden die Seifen (Salze der Fettsäuren) auch amphiphil genannt. Die Amphiphilie ist die typische Eigenschaft, die Seifen charakterisiert und auf der ihre Wirkung beruht. Allen Seifen ist der typische Aufbau eines Tensids gemeinsam. Sie bestehen aus einem langen hydrophoben (lipophilen) Alkylrest und einem hydrophilen (da polaren) Kopf.

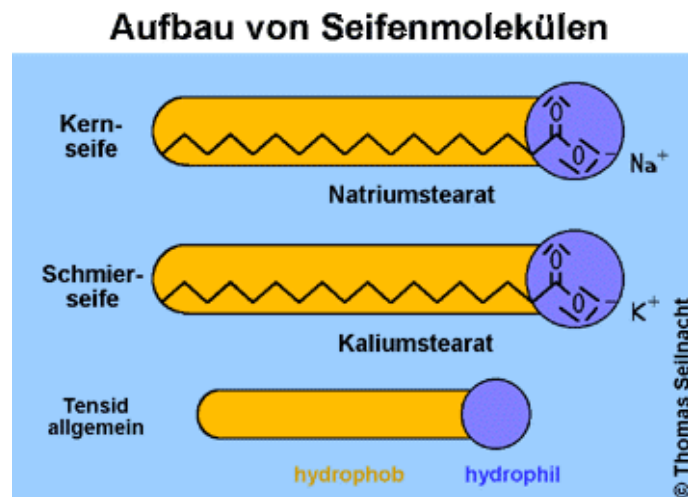


Abb. 11: Aufbau von Seifenmolekülen.

Beim Einbringen von Seifen in Wasser, lagert sich das Seifen-Anion so an, dass der hydrophile Kopf ins Wasser taucht und der hydrophobe (lipophile) Alkylrest aus der Oberfläche herausragt. Durch die Ansammlung der Seifen-Anionen an der Oberfläche des Wassers wird die Oberflächenspannung des Wassers herabgesetzt. Sobald die Oberfläche vollständig mit Seifen-Anionen besetzt ist, bilden sich im Wasser Micellen. In der nachfolgenden Abbildung sind zwei Arten der Micellenbildung veranschaulicht. Das Grundprinzip dabei liegt darin, dass sich die hydrophoben Alkylreste aneinander anlagern. Die hydrophilen Köpfe bilden einen möglichst großen Abstand zu den anderen Seifen-Anionen.

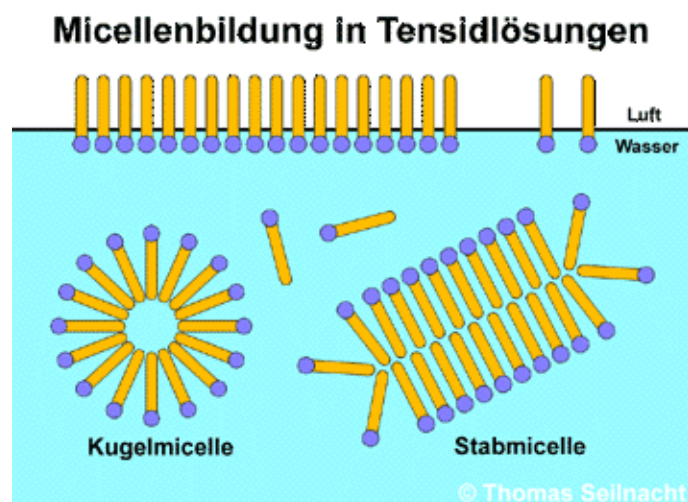


Abb. 12: Micellenbildung.

Innerhalb dieser Micellen können Schmutzpartikel mit hydrophobem Charakter aufgenommen werden. Öltröpfchen, die sich mit Wasser nicht entfernen lassen, können von den Micellen so umschlossen werden, dass eine Einschlussverbindung entsteht. Zunächst müssen sich die Seifen-Anionen mit dem hydrophoben Alkylrest an die Öltröpfchen auf z.B. einer Textilfaser (s. Abb. 13) anlagern. Durch die Anhäufung vieler Seifen-Anionen kann ein Öltröpfchen abgetragen werden, indem ein Micelleneinschluss stattfindet. Die Micelle kann einfach mit dem Wasser weggespült werden, da der äußere Teil der Micellen aus den hydrophilen Köpfen der Seifen-Anionen entsteht und sie sich somit im Wasser lösen können. Sie werden vom Wasser mit einer Solvathülle umgeben.

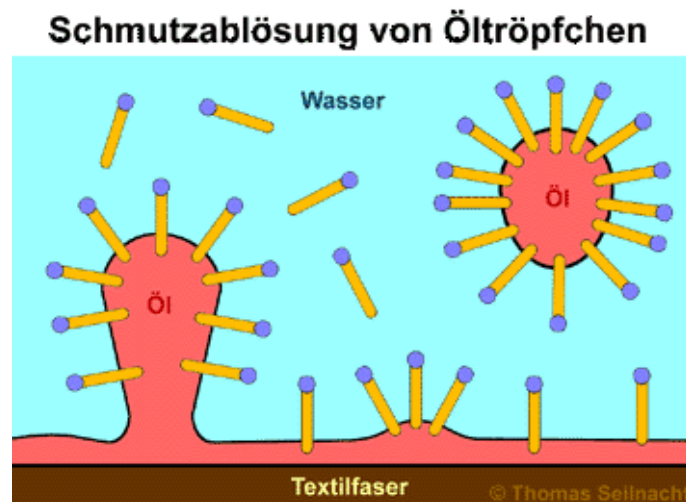


Abb. 13: Schmutzablösung.

Für Seifen ist die typische hydrophile Gruppe eine Carbonsäuregruppe bzw. deren Anion. Es können aber auch andere Gruppen als hydrophiler Teil agieren und somit ein Tensid bilden. Darunter zählen z.B. die Alkylsulfate mit der funktionellen Gruppe $-\text{OSO}_3\text{H}$, die Alkansulfonate mit der funktionelle Gruppe $-\text{SO}_3\text{H}$ und Ethersauerstoffbrücken, die zu den nichtionogenen Waschmitteln zählen. Aufgrund dieser elektrochemischen Eigenschaften können Tenside allgemein in drei Gruppen untergliedert werden:

- Anionaktive Verbindungen
- Kationaktive Verbindungen
- Nichtionogene Verbindungen

Die Seifen zählen zu den anionaktiven Verbindungen, da ihre Wirkung auf der des Seifen-Anions beruht. Der Nachteil der Seifen besteht darin, dass sie für „hartes“ Wasser ungeeignet

sind. Die in hartem Wasser enthaltenen Calcium-Ionen führen mit den Seifen-Anionen zu schwerlöslichen Calciumsalzen.

Die kationaktiven Verbindungen tragen am hydrophoben Molekülteil eine Ammoniumgruppe, sodass sie in Lösungen als Kationen vorliegen. Diese Seifen werden auch als Invertseifen bezeichnet und werden in der Waschmittelindustrie nicht verwendet. Ihre Verwendung dient der Textil- und Lederveredelung, als Färbereihilfsmittel, Emulgier- und Dispergiermittel. Da manche kationische Verbindungen bakterizide Eigenschaften besitzen, werden diese zur Desinfektion eingesetzt.

Zu der letzten Gruppe, den nichtionogenen Verbindungen, zählen Anlagerungsprodukte von Ethylenoxid an Fettalkohole, Alkylphenole oder Fettsäuren. Dies sind in der Regel flüssige Waschmittel, die mit hartem Wasser keine schwerlöslichen Salze bilden.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung

Der Mechanismus der Verseifung soll laut Lehrplan sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs im ersten Halbjahr der Jahrgangstufe 11 durchgeführt werden. Damit verbunden wird auch der Mechanismus der Veresterung behandelt. Durch die Durchführung dieses Versuches kann dann eine Veranschaulichung stattfinden, sodass neues Wissen an schon vorhandenes angeknüpft wird. Die Herangehensweise im Unterricht kann jedoch auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen. Zum einen kann der Versuch als Einführung genutzt werden, indem die Schüler einfach mal „ausprobieren“, was passiert, wenn sie Speiseöl, Ethanol und Natronlauge zusammengeben und erhitzen. Die Schüler könnten dann anhand des Reaktionsprodukts feststellen, welche Eigenschaften es hat. Dazu zählt vor allem die schäumende Wirkung in Wasser. Jeder Schüler wird das Phänomen vom Händewaschen kennen, sodass man sich dann an die Reaktionsgleichung und den Mechanismus herantasten kann und vorher überlegt, wie denn ein solches Seifenmolekül auszusehen hat, damit es die typischen Eigenschaften erfüllt. Andererseits kann auch erst die Theorie erfolgen, sodass der Versuch nur noch als Festigung von Wissen benutzt wird. Er vermittelt dann die Anschauung in der Praxis. Ich halte jedoch die erste Variante für sinnvoller, da die Schüler dort selbst lernen können und das Wissen nicht vorgegeben bekommen.

In der Jahrgangstufe 12 kann das Thema „Grenzflächenaktive Substanzen“ auch im zweiten Halbjahr als Wahlthema behandelt werden. In dieser Unterrichtseinheit geht es spezieller um Waschmittel, deren Herstellung, Struktur und Eigenschaften. Zu diesem Thema würde sich

der Versuch auch gut anbieten. Dennoch muss hier nicht unbedingt eine Seifenherstellung stattfinden. Stattdessen können die Schüler auch die Wirkung von Seifen untersuchen, indem sie beobachten, was mit der Oberflächenspannung des Wassers passiert, wenn eine Seifenlösung hinzugegeben wird.

2 Aufwand

Der Aufwand für die Durchführung dieses Versuches ist relativ gering. Sowohl die verwendeten Geräte als auch die Chemikalien sind an Schulen vorhanden. Da auch keine besonders seltenen Materialien zum Einsatz kommen, ist es durchaus wahrscheinlich, dass die Schüler den Versuch in mehreren Kleingruppen durchführen können. Die Vorbereitung kann durchaus in einer Fünfminutenpause organisiert werden, da der Lehrer sich nur darum kümmern muss, dass die verwendeten Chemikalien vorhanden sind und genügend Gerätesets zur Verfügung stehen.

3 Durchführung

Dieser Versuch ist sehr gut als Schülerversuch geeignet, da alle verwendeten Chemikalien für die Sekundarstufe I zugelassen sind. Er lässt sich auch gut in einer Schulstunde bewältigen, da er trotz der wenigen Minuten, die die Mischung sieden muss, nicht lange dauert. Wenn der Lehrer soweit alles vorbereitet hat, ist der Versuch sogar in einer 45-minütigen Einzelstunde zu schaffen. Voraussetzung dafür sollte sein, dass die Schüler die Durchführung schon zu Hause gelesen haben und in der Stunde sofort mit dem Versuch beginnen können.

Literatur

- [1] Chemie Elemente II. Klett Verlag.
- [2] Soester Liste. Version 2.7.
- [3] Hessischer Lehrplan: Chemie. 2008.
- [4] Vollhardt, K. P. C. und Neil E Schore: Organische Chemie. Übersetzungs-Hrsg: Holger Butenschön. Vierte Auflage. WILEY-VCH. Weinheim **2005**.
- [5] Mortimer, Charles, E. und Ulrich Müller: Das Basiswissen der Chemie. 8., komplett überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme Verlag. Stuttgart **2003**.
- [6] Beyer, Walter: Lehrbuch der Organischen Chemie. 24., überarbeitete Auflage mit 155 Abbildungen und 24 Tabellen. S. Hirzel Verlag. Stuttgart **2004**.

- [7] Lebensmittellexikon. Distelöl. <http://www.lebensmittellexikon.de/d0000180.php>. (14.12.2008).
- [8] Novamex: Nährstoffe von A - Z von nahem betrachtet. Ungesättigte Fettsäuren. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren: Omega-6-Fettsäuren
<http://www.novamex.de/nnb/fette/omega6fs.html>. (14.12.2008).
- [9] Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2008: Meyers Lexikon. Linolsäure.
[http://lexikon.meyers.de/wissen/Linols%C3%A4ure+\(Sachartikel\)](http://lexikon.meyers.de/wissen/Linols%C3%A4ure+(Sachartikel)). (14.12.2008).
- [10] Seilnacht, Thomas: Das Phänomen der Grenzflächenspannung und die Eigenschaften von Tensiden. <http://www.seilnacht.com/waschm/tenside.html>. (15.12.2008).