

Zusammenfassung

Im folgenden Versuch wird eine Probe pflanzlichen Fettes durch Hydrolyse und anschließendes Aussalzen zu Seife umgewandelt.

1 Chemische Grundlagen

1.0.1 Reaktionsmechanismus

Bei der Fettverseifung handelt es sich chemisch gesehen um eine Hydrolyse von Glycerinestern. Die am Glycerin veresterten Fettsäuren (jeweils drei) können unterschiedliche Kettenlängen und Doppelbindungskonfigurationen aufweisen. In Folge dessen unterscheiden sich die Viskositäten und Schmelzpunkte der Fette erheblich. So führen ungesättigte Fettsäurereste zu flüssigen Fetten (Ölen), die auf Grund der gewinkelten Struktur (hervorgerufen durch die Doppelbindungen) einen niedrigen Schmelzpunkt aufweisen.

Die Hydrolyse der Glycerinester (genauer: die basische Hydrolyse von Estern) wird als Verseifung bezeichnet. Da die drei funktionellen Gruppen am Glycerin (siehe Abb. 1) identisch sind, soll der Reaktionsmechanismus im Folgenden exemplarisch an einer Estergruppe veranschaulicht werden.

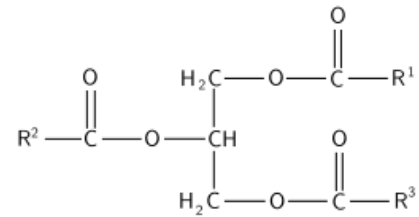


Abbildung 1: Allgemeine Form eines Fettes (Glycerin-Ester)

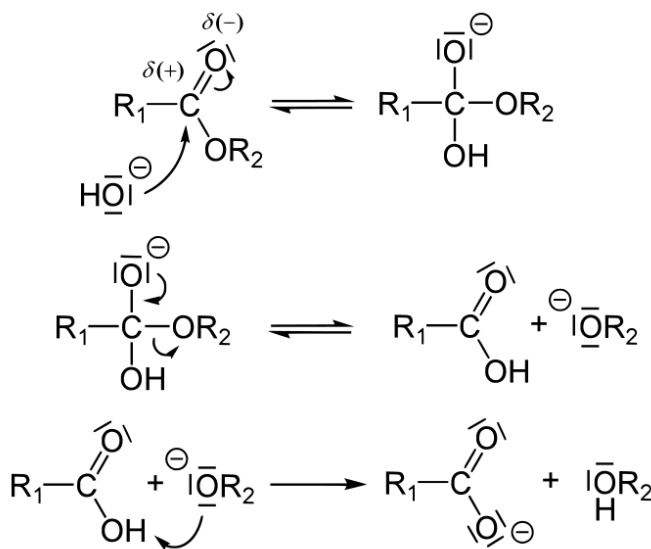


Abbildung 2: Reaktionsmechanismus der Fettverseifung

Spaltung der Verbindung am rechten O-Atom ist die durch den Rest R_2 hervorgerufene Elektronendichterverschiebung in Richtung R_2 und die damit verbundene Schwächung dieser Bindung.

Schritt 3:

Säure-Base-Reaktion zwischen Alkoholat und Carbonsäure.

Im letzten Schritt findet eine Protonenübertragung von der Carbonsäure zum Alkoholat-Ion statt. Letzteres wird zum Alkohol (im Falle der Fette also zu Glycerin). Das entstandene Fettsäure-Anion kann nun mit einem Überschuss an Natrium-Ionen ausgefällt werden. Diese Salze der Fettsäuren nennt man Seifen. Da Alkohole (im Gegensatz zu Carbonsäuren) in wässriger Lösung keine Tendenz zur Abgabe des Protons an der Hydroxylgruppe aufweisen, ist Schritt 3 irreversibel.

Die Reaktion verläuft in folgenden drei Schritten (siehe Abb. 2 von oben nach unten):

Schritt 1:

Nukleophiler Angriff des Hydroxid-Ions.

Auf Grund der starken Polarisierung des Kohlenstoffatoms durch den doppelgebundenen Sauerstoff kommt es zu einem nukleophilen Angriff des Hydroxid-Ions in dessen Folge ein Elektronenpaar zum Sauerstoff klappt.

Schritt 2:

Abspalten des Alkoholat-Ions und Bildung der Carbonsäure.

Die in Schritt 1 entstandene Verbindung ist auf Grund der effektiven Ladung des Sauerstoffs instabil und führt zur Abspaltung des Alkoholat-Ions, indem zwei Elektronenpaare in Folge umklappen und die Bindung zwischen Alkohol-Rest (R_2) und Fettsäurerest (R_1) getrennt wird. Der Grund für die

1.0.2 Technische Aspekte

Als Seifen werden heutzutage die Natrium- und Kaliumsalze von Fettsäuren bezeichnet. Die Herstellung von Seife durch alkalische Hydrolyse (das "Seifensieden") ist hingegen schon seit dem 7. Jahrhundert bekannt und wird bis heute zur Herstellung dieses Produktes verwendet. Als Grundlage dienen dabei hauptsächlich pflanzliche- (z.B. Oliven- oder Palmöl) aber auch tierische Fette (wie etwa Talg).

Seifen werden als Oberflächenspannung-reduzierende Stoffe zu den Tensiden gezählt. Die eigentliche Waschwirkung der Seife beruht eben auf dieser Fähigkeit der Seife die Phasengrenzen verschiedener Stoffe zueinander zu überbrücken und daher die Dispersion von Schmutzstoffen (z.B. Fetten) in polaren Lösungsmitteln (z.B. Wasser) zu ermöglichen. Dabei bildet das Tensid (i.e. die Fettsäure-Anionen) eine sog. Mizelle (siehe Abb. 3), eine membranartige Struktur auf der Oberfläche des zu dispergierenden Stoffes. Ist der Stoff unpolar, das Lösungsmittel aber polar, so binden Van-der-Waals-Wechselwirkungen die unpolaren Kohlenstoffketten der Fettsäure-Reste an das Schmutzpartikel, während der polare "Kopf" - die deprotonierte Carboxyl-Gruppe - starke, polare Wechselwirkungen mit den umgebenden, ebenfalls polaren Lösungsmittelmolekülen eingeht.

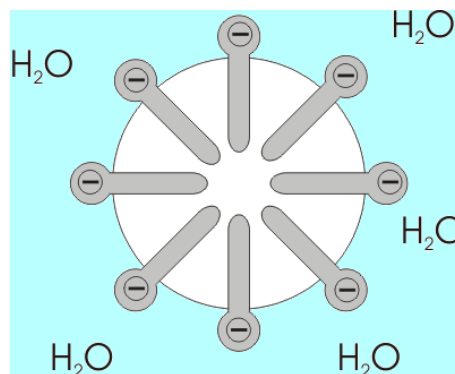


Abbildung 3: Mizelle in polarem Lösungsmittel (Schema)

2 Versuch

2.1 Versuchsaufbau

Die Reaktion der Fettverseifung wird in einem Erlenmeyerkolben durchgeführt. Um eine gleichmäßige Durchmischung und Erwärmung des Reaktionsgemisches zu gewährleisten, wird eine Heizplatten-Magnetrührer-Kombination benutzt. Die Temperaturkontrolle erfolgt (mangels temperaturkritischer Prozesse) über den integrierten Temperaturfühler.

2.2 Versuchsdurchführung

Der Erlenmeyerkolben wird mit 25 ml 2-molarer Natronlauge befüllt welche auf etwa 40°C vorgewärmt wird. Nach der Zugabe von 37,5 g Olivenöl wird diese Mischung bis zum schwachen Sieden erhitzt. Die Rotation des Rührfisches beugt dabei Siedeverzügen vor. In den folgenden 75 min werden im Abstand von etwa 10 min jeweils 10 ml 2-molare Natronlauge zugegeben (insgesamt 65 ml). Bei starkem Wasserverlust sollte verdampftes Wasser nachgefüllt werden (in unserem Fall wurde der Wasserverlust durch die Zugabe der Natronlauge überkompensiert). Zum Abschluss wird das Reaktionsgemisch in ein Becherglas mit 200 ml heißem Wasser gegeben, unter Rühren zum Sieden gebracht und zuletzt mit 15 g Natriumchlorid versetzt.

Der Überschuss an Natrium-Ionen (Verschiebung des Löslichkeitsproduktes) führt im Zuge der Abkühlung über Nacht zum Ausflocken und Erstarren der Seife an der Wasseroberfläche. Diese könnte nun von der Lösung getrennt, mit demineralisiertem Wasser gewaschen und getrocknet werden (dieser Schritt wurde in unserem Versuch nicht mehr durchgeführt).

2.3 Abfallentsorgung

Die unverbrauchten Reaktionsrückstände (i.e. die alkalische Olivenöl-Wasser-Emulsion) können dank Neutralisationsanlage direkt in den Abfluss entsorgt werden. Feststoffrückstände (Seife) können im Behälter für Feststoffabfälle gesammelt werden.