

4.1. Aufgaben zu Fetten und Seifen

Aufgabe 1: Verhalten der Fette beim Erhitzen, Fetthärtung

Entscheide und begründe, welches der drei Fette Schweinfett, Sonnenblumenöl oder vollständig durchgehärtetes Erdnussöl am besten als Frittierfett geeignet ist.

Beschreibe die Vorgänge beim Erhitzen von Triölsäure-Glycerin-Ester an der Luft mit Hilfe von Strukturformeln und benenne die Endprodukte

Aufgabe 2: Acroleinbildung

Beim Überhitzen eines Fettes mit einem hohen Anteil an ungesättigten Fettsäureresten werden die folgenden Beobachtungen notiert:

1. Ein Gas entweicht, das Bromwasser entfärbt und Fehlingsche Lösung reduziert. Seine molare Masse wird mit 56 g/Mol ermittelt;
2. Der verbleibende Rest des Fettes ist zähflüssig geworden.
 - a) Leite aus den Beobachtungen bei 1. die Strukturformel und den Namen des Gases ab.
 - b) Formuliere die Reaktionsgleichung, nach der das Gas gebildet worden ist!
 - c) Erkläre Beobachtung 2. mit Hilfe einer Reaktionsgleichung an einem Beispiel.

Aufgabe 3: Essentielle Fettsäuren

- a) Was sind essentielle Fettsäuren?
- b) Nennen Sie drei Beispiele.
- c) Beschreibe zwei Funktionen, die ungesättigte Fettsäuren im Stoffwechsel haben können.

Aufgabe 4: Verseifung und Fetthärtung

- a) Erstelle die Strukturformel (Kurzschreibweise) eines optisch aktiven Fettmoleküls unter Verwendung von einem Molekül Hexadecansäure und zwei Molekülen cis,cis-Oktadeca-2,3-dien-säure
- b) Das Fettmolekül aus a) ist überwiegender Bestandteil eines natürlichen Fettes. Dieses Fett soll
 1. mit Kalilauge verseift und
 2. gehärtet werden.
 Formuliere zu beiden Reaktionen die entsprechende Reaktionsgleichung (Formeln in Kurzschreibweise) und benenne alle Reaktionsprodukte.
- c) Beschreibe und begründe, wie sich durch Verseifung bzw. Härtung der Aggregatzustand bzw. die Löslichkeit des Fettes ändern!

Aufgabe 5: Iodzahl und Verseifungszahl

Die nebenstehende Tabelle zeigt die Zusammensetzung von drei pflanzlichen Fette in Prozent

- a) Ordne den drei Fetten jeweils die drei Verseifungszahlen 170, 200 und 255 sowie die drei Iodzahlen 8, 50 und 100 zu und begründe.
- b) Formuliere an einem Beispiel die Reaktionsgleichung für die Bestimmung der Iodzahl und den Reaktionsmechanismus
- c) Formuliere an einem Beispiel die Reaktionsgleichung für die Bestimmung der Verseifungszahl und den Reaktionsmechanismus

Fettsäure	Kokosfett	Rapsöl	Palmöl
Capronsäure C ₅ H ₁₁ COOH	1	0	0
Caprylsäure C ₇ H ₁₅ COOH	9	0	0
Caprinsäure C ₉ H ₁₉ COOH	7	0	0
Laurinsäure C ₁₁ H ₂₃ COOH	47	0	0
Myristinsäure C ₁₃ H ₂₇ COOH	16	0	2
Palmitinsäure C ₁₅ H ₃₁ COOH	10	4	39
Stearinsäure C ₁₇ H ₃₅ COOH	2	2	5
Ölsäure C ₁₇ H ₃₃ COOH	6	57	45
Linolsäure C ₁₇ H ₃₁ COOH	2	24	9
Linolensäure C ₁₇ H ₂₉ COOH	0	13	0

Aufgabe 6: Iodzahl und Verseifungszahl

Zwei Fette, ein Hartfett und ein Kakaofett, besitzen folgende Fettkennzahlen:

	Kakaofett	Hartfett
Schmelzbereich	33-35°C	33-35°C
Iodzahl	33-42	5
Verseifungszahl	192-197	225-240

- a) Erkläre den Unterschied der beiden Fette im Hinblick auf die chemische Struktur und begründe anhand der Tabellenwerte.
- b) Warum besitzen die beiden Fette trotz unterschiedlicher Strukturen den gleichen Schmelzbereich?
- c) Für ein als Reinstoff vorliegendes Fett mit der molaren Masse M = 878 g/mol wurde die Iodzahl 173,2 ermittelt. Berechne die Zahl der pro Fettmolekül vorhandenen C=C - Doppelbindungen.
- d) Zeichne für das in Teil c) vorliegende Fett zwei mögliche strukturisomere Fettmoleküle.

Aufgabe 7: Verseifungszahl

Zur Ermittlung der Verseifungszahl von Olivenöl werden 2,6 g Öl mit 50 ml 0,5 molarer Kalilauge gekocht. Die nicht umgesetzte Lauge wird durch Titration mit 1 molarer Salzsäure ermittelt, wobei 16,0 ml Salzsäure verbraucht werden. Definiere den Begriff „Verseifungszahl“ und berechne diese Kennzahl für die gegebenen Werte!

Aufgabe 8: Säurezahl

Zur Bestimmung der Säurezahl wurden 2 g Butter (Wassergehalt 17 %) in Alkohol gelöst und mit 10 ml KOH-Lösung ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) neutralisiert.

- Berechne die Säurezahl des Butterfettes.
- Welche Aussage lässt eine hohe Säurezahl über die Qualität der Butter zu?
- Wie unterscheidet sich die Versuchsdurchführung für die Bestimmung der Verseifungszahl von der Bestimmung der Säurezahl?

Aufgabe 9: Verseifungszahl

Zur Bestimmung der Verseifungszahl wurden 1,5 g Rindertalg mit 25 ml Kalilauge ($c = 0,5 \text{ mol/l}$) gekocht. Bei der anschließenden Neutralisation wurden 14,5 ml Salzsäure ($c = 0,5 \text{ mol/l}$) verbraucht. Berechne die Verseifungszahl von Rindertalg und gib die einzelnen Reaktionsschritte an.

Aufgabe 10: Gaschromatographie

- Beschreibe den Aufbau und die Funktion eines Gaschromatographen.
- Wie lassen sich Fette gaschromatographisch untersuchen?
- Ein Fett enthält die drei Fettsäuren Capronsäure $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOH}$, Caprylsäure $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COOH}$ und Caprinsäure $\text{C}_9\text{H}_{19}\text{COOH}$. In welcher Reihenfolge werden sich diese drei Fettsäuren beim Verlassen der Trennröhre nachweisen lassen? Begründe mit Hilfe der zwischenmolekularen Kräfte.

Aufgabe 11: Eigenschaften von Monoglyceriden

Glycerin kann mit Octadecansäure (Stearinsäure) zu zwei verschiedenen Monoglyceriden reagieren.

- Skizziere die beiden möglichen Strukturen und benenne die funktionellen Gruppen! Kennzeichne außerdem die asymmetrischen C-Atome.
- Bei einem Versuch werden pro mol Monoglycerid vier mol CuO zu Kupfer umgesetzt. Erkläre, welches der obigen Moleküle diese Reaktion eingehen kann und erstelle die Reaktionsgleichung!
- Stelle zeichnerisch dar, wie sich die Monoglyceridteilchen in Wasser bzw. an der Wasseroberfläche anordnen. Begründe mit Hilfe der zwischenmolekularen Kräfte.

Aufgabe 12: Verseifung und deutsche Härte

- Formuliere für die Bildung von Seifen aus Fetten eine Reaktionsgleichung.
- Erkläre die Reinigungswirkung der Seife unter Verwendung der Begriffe:
 - Grenzflächenaktivität
 - Dispergiervermögen
 - Emulgiervermögen
- In hartem Wasser steht ein Teil der zugegebenen Seife nicht für die Reinigungswirkung zur Verfügung. Berechne, wie viel Gramm Natriumhexadecanoat beim Waschen mit Wasser von 20 Grad dH (deutsche Härte) nicht für den Waschvorgang genutzt werden können. Wasserverbrauch für Hauptwaschgang: 20 Liter. $1 \text{ Grad dH} = 7,15 \text{ mg Ca}^{2+}$ pro Liter Wasser.

Aufgabe 13: Waschmittel

Die nebenstehende Abbildung stellt eine Testreihe zur Untersuchung der Waschwirkung von Seifen dar: in den Gefäßen I bis III befinden sich die angegebenen Substanzen, zu denen jeweils die gleiche Menge an Seife gegeben wird.

- Beurteile die Waschwirkung der Seife in den Gefäßen I und II und formuliere dazu je eine Reaktionsgleichung.
- Nach dem Schütteln der Versuchsansätze zeigt sich nur in Gefäß III ein beständiger Schaum. Begründe diese Beobachtung.

Seife

I

[A] [B]

II

[A] [C]

III

[A] [C] [D]

[A] Wasser

[B] Salzsäure

[C] Calciumchlorid

[D] Pentanatriumtriphosphat

4.1. Lösungen zu den Aufgaben zu Fetten und Seifen

Aufgabe 1: Verhalten der Fette beim Erhitzen, Fetthärtung

- Da die Radikalbildung und der Angriff von O_2 durch Doppelbindungen begünstigt wird, ist das vollständig gehärtete Erdnußöl am besten geeignet.
- Außer Acrolein entstehen die folgenden Bruchstücke:

O_2-Angriff an	Säurebruchstück	Aldehybruchstück
C_8	8-Oxo-Octansäure	Octanal
C_9	9-Oxo-Nonansäure	Heptanal
C_{10}	10-Oxo-Dekansäure	Hexanal
C_{11}	11-Oxo-Undekansäure	Pentanal

Aufgabe 2: Acroleinbildung

- Propenal hat eine Doppelbindung (Entfärbung von Bromwasser), eine Aldehydgruppe (Fehling) und die Molmasse 56 g/mol.
- Glycerin \rightarrow Propenal + 2 H_2O
- Vernetzung der Kettereste durch radikalische Polymerisation an den Doppelbindungen.

Aufgabe 3: Essentielle Fettsäuren

siehe Skript

Aufgabe 4: Verseifung und Fetthärtung

- 1-Palmitinsäure-2,3-Dilinolsäure-Triglycerin-Ester
- Es entstehen K-Palmitat und K-Linolat bzw. 1-Palmitinsäure-2,3-Distearinsäure-Triglycerin-Ester
- Seifen haben aufgrund ihrer stark polaren Köpfe erhöhte Schmelzpunkte und bilden in Wasser Micellen (kolloidale Lösungen). Gehärtete Fette heben durch die erhöhte Beweglichkeit und verbesserte Kontaktfähigkeit der unpolaren Reste ebenfalls erhöhte Schmelzpunkte und lösen sich nicht in Wasser.

Aufgabe 5: Iodzahl und Verseifungszahl

a)

	Kokosfett	Rapsöl	Palmöl
Verseifungszahl (\Rightarrow Kettenlänge)	255	170	200
Iodzahl (\Rightarrow Zahl der Doppelbindungen)	8	100	50

- Elektrophile Addition von Iod an Doppelbindung
- Basische Verseifung: Addition von OH^- und Eliminierung von ROH

Aufgabe 6: Iodzahl und Verseifungszahl

- Iodzahlen \Rightarrow Kakaofett hat mehr Doppelbindungen als Hartfett.
Verseifungszahlen \Rightarrow Kakaofett enthält längere Ketten als Hartfett
- 100 g Fett addieren 173,2 g Iod \Rightarrow 1 Mol = 878 g Fett addieren 1522,8 g = 6 mol Iod \Rightarrow 6 Doppelbindungen pro Molekül
- Z. B. Dilinolsäure-Stearinsäure-Glycerin-Triester

Aufgabe 7: Verseifungszahl

Verseifungszahl 194

Aufgabe 8: Säurezahl

- Säurezahl 33,7
- Die Butter ist ranzig, da relativ viele freie Fettsäuren vorliegen
- Säurezahl:** Schnelle Zugabe von Kalilauge bei Raumtemperatur bis zum Neutralpunkt, dabei **Neutralisation** der freien Fettsäuren.

Verseifungszahl: Kochen mit Überschuss an Kalilauge, dabei **Verseifung und Neutralisation** der bereits freien Fettsäuren. Die restliche Lauge wird durch **Rücktitration** mit Säure bestimmt. Zur Bestimmung der Verseifungszahl muss die bei der Neutralisation der freien Fettsäuren verbrauchte KOH-Menge (= **Säurezahl**) von der insgesamt verbrauchten Menge **abgezogen** werden.

Aufgabe 9: Verseifungszahl

Verseifungszahl 196

Aufgabe 10: Gaschromatographie

siehe Skript

Aufgabe 11: Eigenschaften von Monoglyceriden

- Monostearinsäure-1-Glycerin-Ester mit asymmetrischem C₂ und Monostearinsäure-2-Glycerin-Ester.
- Monostearinsäure-2-Glycerin-Ester + 4 CuO → Monostearinsäure-2-Hydroxy-Malonsäure-Ester + 4 Cu + 2 H₂O
- siehe Skript

Aufgabe 12: Verseifung und deutsche Härte

a) siehe Skript

b) **Grenzflächenaktivität:**

Seifen sind wegen ihres Baus in der Lage, sich an den Grenzflächen, z.B. Wasser/Schmutz so auszurichten, dass der hydrophile Teil des Tensidmoleküls mit dem Wasser in Kontakt bleibt, während der hydrophobe Teil aus der Oberfläche des Wassers herausragt. Dadurch werden an den Grenzflächen die Anziehungskräfte zwischen den Wassermolekülen herabgesetzt und das Wasser kann besser benetzen.

Dispergiervermögen:

Durch Anlagerung des unpolaren Anteils der Seifenanionen an die festen Schmutzpartikel werden diese umhüllt. Der hydrophile Teil der Seifenanionen ist nach außen in die Wasserphase gerichtet. Ebenso ist die Textilfaseroberfläche derart mit Seifenanionen besetzt, dass deren negativ geladener Teil ins Wasser ragt. Da die Schmutzpartikel und die Textiloberfläche jeweils negativ geladen sind, findet eine Ablösung des Schmutzes von der Faser statt. Durch Fortsetzung des Vorgangs kommt es auch zu einer Zerteilung (Dispersion) der festen Schmutzpartikel.

Emulgiervermögen:

entsprechende Vorgänge wie oben, hier bei öligen bzw. flüssigen Schmutzpartikeln. Schmutzablösung und **Waschvorgang:**

Beim Wäschewaschen sind alle bisher beschriebenen Eigenschaften der Tenside/Seifen von Bedeutung.

- 20 l Wasser mit 20 Grad dH enthalten 20 x 20 x 7,15 mg = 2,86 g Ca²⁺ ⇒
2 Mol C₁₅H₃₁COONa + Ca²⁺ → (C₁₅H₃₁COO)₂Ca + 2 Na⁺
556 g C₁₅H₃₁COONa + 40 g Ca²⁺ → 550 g (C₁₅H₃₁COO)₂Ca + 46 g Na⁺
33,7 g C₁₅H₃₁COONa + 2,86 g Ca²⁺ → ...
⇒ ca. 40 g Seife können nicht genutzt werden.

Aufgabe 13: Waschmittel

- In I keine Waschwirkung, da die Seifen zu Fettsäuren protoniert werden. In II keine Waschwirkung, da sich die Seifen mit Ca²⁺ zu unlösliche Kalkseifen verbinden.
- In III bindet das Pentanatriumtriphosphat im Austausch mit den Natrium-Ionen die vorhandenen Calcium-Ionen zu einem stabilen, wasserlöslichen Calcium-Komplex. Die freien Seifenanionen können Micellen bilden, beim Schütteln Luft einschließen und dadurch einen beständigen Schaum bilden.