

4.1. Fette und Seifen

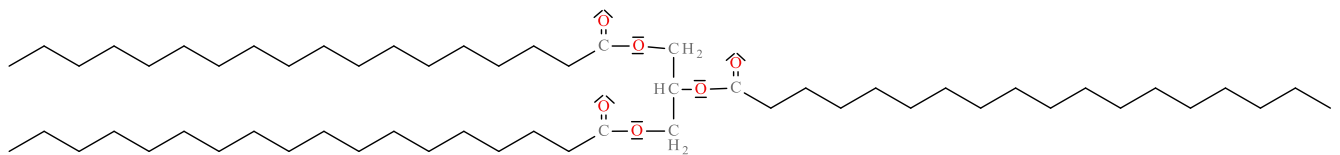
4.1.1. Aufbau und physikalische Eigenschaften der Fette

Pflanzliche und tierische Fette und Öle vergleichen

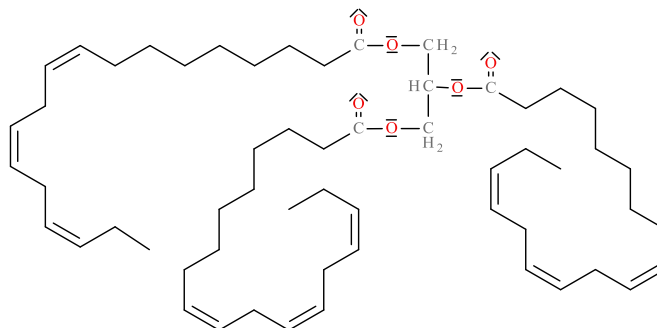
Fette sind Ester langkettiger Carbonsäuren (**Fettsäuren**) mit Propantriol (**Glycerin**). Das **Depotfett** der **warmblütigen Säugetiere** enthält hauptsächlich **langkettige gesättigte** Fettsäuren, während **wechselwarme Fische** und **Echsen** sowie die **Pflanzen** vor allem **kurzkettigere** und **ungesättigte** Fettsäuren enthalten:

Zusammensetzung verschiedener Fette in Massenprozent	Butter-fett	Schweine-fett	Kokos-fett	Oliven-öl	Sonnenblumen-öl	Leinsamen-öl
Buttersäure C ₃ H ₇ COOH Butansäure	3	0	0	0	0	0
Laurinsäure C ₁₁ H ₂₃ COOH Dodekansäure	3	0	48	0	0	0
Myristinsäure C ₁₃ H ₂₇ COOH Tetradekansäure	9	2	15	2	0	0
Palmtinsäure C ₁₅ H ₃₃ COOH Hexadekansäure	24	27	9	15	5	7
Stearinsäure C ₁₇ H ₃₅ COOH Octadekansäure	13	14	3	2	2	3
Ölsäure C ₁₇ H ₃₃ COOH cis-9-Octadecensäure	30	45	6	71	27	18
Linolsäure C ₁₇ H ₃₁ COOH cis, cis-9,12-Octadecadiensäure	2	8	2	8	65	14
Linolensäure C ₁₇ H ₂₉ COOH all-cis-9,12,15-Octadecatriensäure	1	0	0	0	0	58
Arachidonsäure C ₁₉ H ₂₉ COOH all-cis-5,8,11,14-Eicosatetraensäure	0	0	0	0	0	0
Iodzahl (g Iod / 100 g Fett)	35	65	7	80	130	180
Schmelzbereich (°C)	31 bis 36	36 bis 42	23 bis 28	-3 bis 0	-18 bis -11	-20 bis -16

Beispiele



Tristearinsäure-glycerin-ester



Tri-Linolensäure-Glycerin-Ester

Physikalische Eigenschaften:

Die **starrten cis-Doppelbindungen** der ungesättigten Fettsäuren behindern den Kontakt der langen Alkylreste und schwächen dadurch die **Van-der-Waals-Kräfte**. Fette mit ungesättigten Fettsäuren haben infolgedessen **geringere Schmelzpunkte** als solche mit gesättigten Fettsäuren. Fette, die bei Raumtemperatur flüssig sind, werden auch **Öle** genannt. Aufgrund der starken Van-der-Waals-Kräfte zwischen den langen Ketten sind Fette bei Normaldruck **nicht unzerstört verdampfbar**.

4.1.2. Verhalten der Fette beim Erhitzen

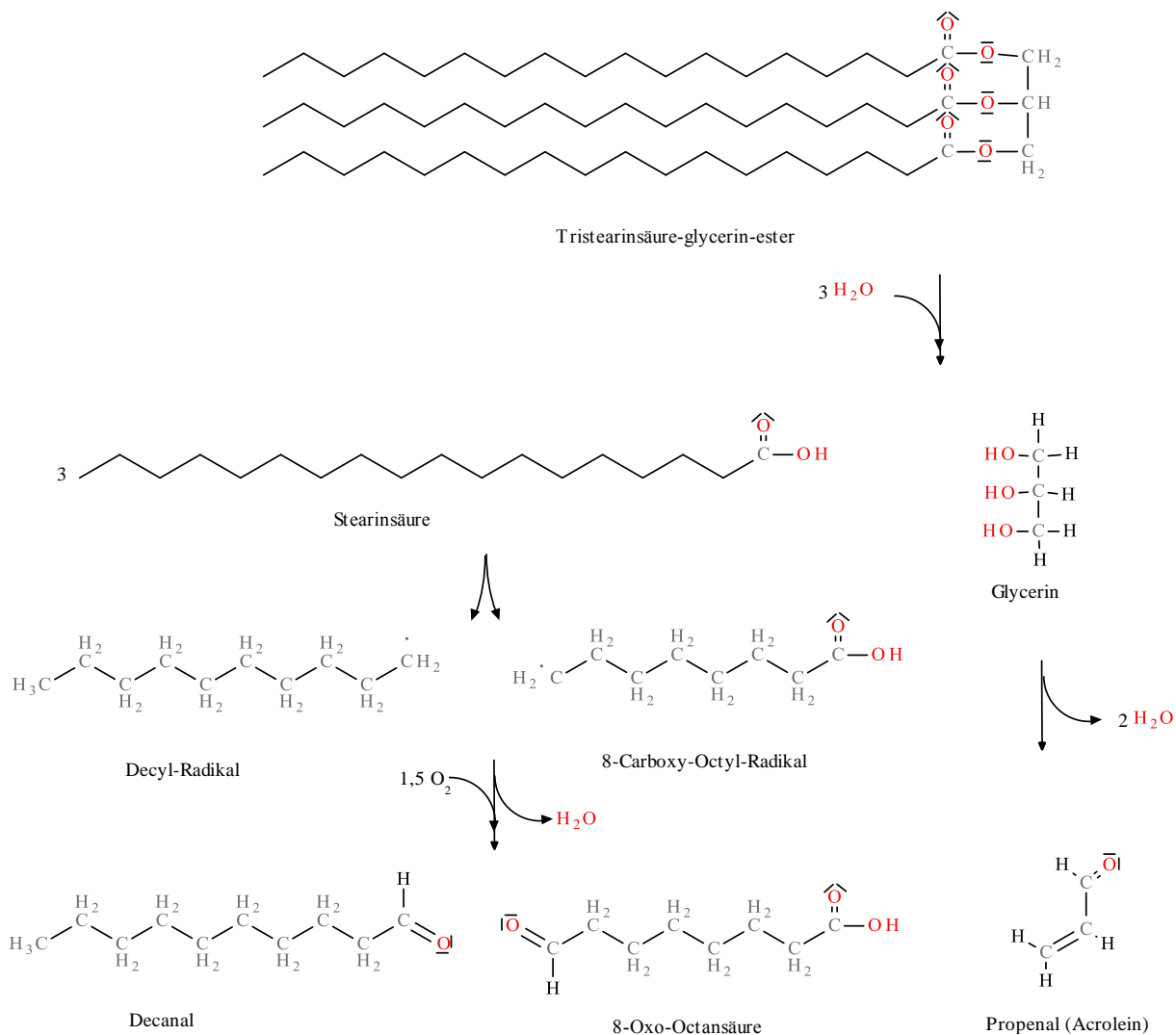
1. *Bildung von Acrolein: Olivenöl mit etwas $KHSO_4$ im RG erhitzen und die entstehenden Gase durch fuchsinschweflige Säure leiten.*
2. *Fettexplosion mit Wachs und Teelichten*

Zersetzung:

Zunächst werden die Esterbindungen durch den aus dem Fleisch austretenden Wasserdampf **hydrolysiert**. Nachdem das Wasser verdampft ist, eliminiert das **Glycerin** zwei weitere Wassermoleküle, wobei das krebserregende **Propenal (Acrolein)** entsteht und verdampft. Die langen Ketten der Fettsäuren werden **radikalisch gespalten** und oxidieren zu ebenfalls krebserregenden **Aldehyden**. (s.u.)

Fettexplosion mit Wasser

Die kurzkettigen Zersetzungsprodukte verdampfen und können sich leicht entzünden. Beim Löschversuch mit Wasser kommt es zur Explosion, da die Wassertropfen auf den heißen Gefäßboden sinken und dort schlagartig verdampfen. Dadurch werden Fetttropfchen emporgeschleudert, die sich infolge ihres großen Verteilungsgrades ebenfalls entzünden.

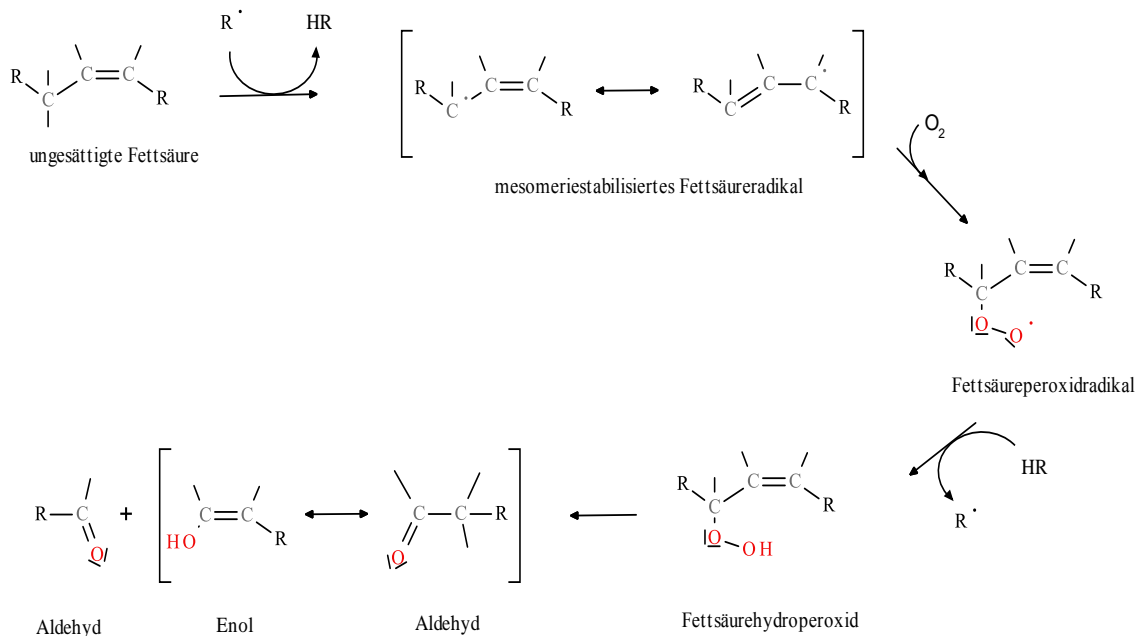


Übungen: Aufgaben zu Fetten und Seifen Aufgaben 1 und 2

4.1.3. Verhalten der Fette beim Stehen lassen

Altes Fritierfett mit fuchsinschwefliger Säure schütteln

Beim Stehen lassen werden Fette durch die **Luftfeuchtigkeit** allmählich **hydrolysiert**, wobei u.A. **Buttersäure** freigesetzt wird. Die Doppelbindungen der **ungesättigten Fettsäuren** bilden leicht **mesomeriestabilisierte Radikale**, die durch Luftsauerstoff zu **Hydroperoxiden** oxidiert werden. Durch Spaltung können wie beim Erhitzen übelriechend und gesundheitsschädliche Aldehyde entstehen.



4.1.4. Biologische Bedeutung der Fette

Fette als Energiespeicher

Fette dienen dem Körper als **Energiespeicher** und **Wärmeisolierung** für **längere Hungerzeiten**. Fette mit langen gesättigten Fettsäuren sind bei Raumtemperatur fest und können daher nur durch **Warmblüter** genutzt werden. Da der Transport der wasserunlöslichen Fette im Blut durch speziell herzustellende **Transportlipoproteine** für den Körper sehr aufwendig ist, werden die Fettvorräte aber erst angegriffen, wenn die **Glykogenvorräte** in der Leber und die **Aminosäurevorräte** in den Zellen und Muskeln zur Neige gehen. Je nach Konstitution und Versorgung kann es bis zu **zwei Wochen** dauern, bis der Fettabbau in Gang kommt!

Pflanzliche Fette in Früchten dienen als **Energiespeicher** und **Oxidationsschutz** für den Samen. Sie sind aufgrund ihrer geringeren Schmelzpunkte auch bei Boden- bzw. Wassertemperaturen von 5 - 10 °C durch die Pflanzen abbaubar. Die Doppelbindungen der ungesättigten Fettsäuren fangen den Luftsauerstoff ab und dienen daher als **Oxidationsschutz** für den empfindlichen Samen (**Autoxidation**):

Fette als Nahrungsmittel

Tierische Fette müssen im Verdauungstrakt unter beträchtlichem Energieaufwand zunächst **geschmolzen** werden, um dann verdaut und abgebaut werden zu können. Pflanzliche Fette sind aufgrund ihrer geringeren Schmelzpunkte **leichter verdaulich** als tierische Fette und enthalten **mehrfach ungesättigte Fettsäuren**, die vom Körper (u.a. zur Synthese der **Prostaglandin-Hormone**) benötigt, aber nicht selbst hergestellt werden können. Diese Fettsäuren haben **Vitamincharakter** und heißen auch **essentielle Fettsäuren**. Sie können im menschlichen Körper nicht nur Sauerstoff, sondern auch andere potentiell krebserregende **Radikale abfangen**.

Übungen: Aufgaben zu Fetten und Seifen Aufgabe 3

Margarineherstellung: In ein Becherglas gibt man 15 g Kokosfett und bringt das Fett über kleiner Flamme zum Schmelzen. Man nimmt das Becherglas von der Flamme und fügt unter kräftigem Rühren einen Eßlöffel Olivenöl zu. Man stellt das Becherglas in eine Schüssel mit Eiswasser und fügt unter ständigem Rühren je einen Teelöffel gut gekühlte fettarme Milch und Eigelb sowie eine Prise Salz zu. Man rührt kräftig, bis die Masse steif ist.

Margarine und Fetthärtung

Pflanzliche Öle sind gesünder als tierische Fette und außerdem durch **Auspressen** oder **Extrahieren** der Pflanzensamen leichter und billiger zu gewinnen. Sie sind daher seit Ende des 20. Jahrhunderts auch in nördlichen Ländern als Nahrungsbestandteil beliebt geworden. Um ein butterähnliches und streichfähiges Produkt (**Margarine**) herzustellen, werden die Doppelbindungen teilweise **katalytisch hydriert (Fetthärtung)**, wodurch allerdings auch der physiologische Wert der entsprechenden Fettsäuren gemindert wird. Wie bei der Butterherstellung gibt man außerdem etwas Wasser und einen **Emulgator** (s.u.) hinzu, um durch **Emulsionsbildung** eine weitere Verfestigung zu erreichen.

Übungen: Aufgaben zu Fetten und Seifen Aufgabe 4

4.1.5. Untersuchung von Fetten

Bromlösung in Olivenöl geben

Iodzahl

Die **Iodzahl** gibt an, wieviel g Iod maximal an 100 g Fett addiert werden kann und ist ein Maß für die **durchschnittliche Zahl der Doppelbindungen** pro Molekül. Die Iodzahl läßt sich schnell und einfach bestimmen und wird in der **Lebensmittelchemie** häufig verwendet, da die Zahl der Doppelbindungen für den **physiologischen Wert** eines Fettes entscheidend ist.

Verseifungszahl

Die **Verseifungszahl** gibt an, wieviel mg KOH für die Verseifung von 1 g Fett verbraucht werden. Sie ist ein Maß für die **Zahl der Esterbindungen bzw. Fettsäuren pro g Fett**. Hohe Verseifungszahlen bedeuten also viele kurzkettige Fettsäuren, niedrige Verseifungszahlen dagegen wenige langkettige Fettsäuren pro g Fett. Da kurzkettige Fettsäuren **leichter verdaulich** sind, ist die Verseifungszahl ebenfalls eine wichtige Kennzahl in der Lebensmittelchemie.

Säurezahl

Die **Säurezahl** gibt an, wieviel mg KOH für die Neutralisation der freien Fettsäuren in 1 g Fett verbraucht werden. Da die Zahl der freien Fettsäuren mit zunehmendem Alter des Fettes ansteigt, ist sie ein Maß für den **Frischegrad** des Fettes

Übungen: Aufgaben zu Fetten und Seifen Aufgaben 5 - 9

Gaschromatograph auseinander bauen

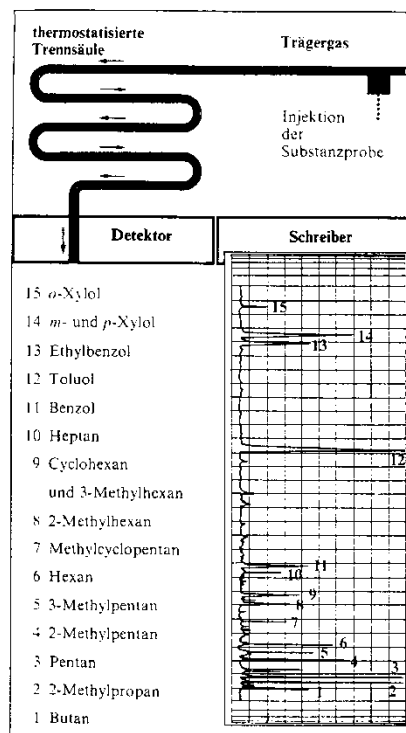
Gaschromatographie

Für genauere Untersuchungen verwendet man die **Gaschromatographie**. Ein Gaschromatograph besteht aus einer langen Metallröhre (**Trennsäule**), die innen mit einem porösen Material beschichtet ist, welches mit einer mehr oder weniger polaren Flüssigkeit wie z.B. Wasser oder Glycerin (**stationäre Phase**) getränkt ist. Durch die Trennsäule wird ein inertes **Trägergas** wie Wasserstoff oder Helium (**mobile Phase**) gepumpt.

Am Kopf der Säule wird das zu trennende Gemisch injiziert und vom Trägergas in die Säule eingebracht. Je nach **Polarität und Molmasse** werden die zu trennenden Stoff unterschiedlich stark von der stationären Phase zurückgehalten und treten daher nach unterschiedlicher Retentionszeit am Säulenende wieder aus. Sie werden dort durch einen **Detektor** nachgewiesen, der ihre **Wärmeleitfähigkeit** misst.

Die Temperatur in der Trennsäule kann bis zu 400 °C betragen, so dass auch weniger flüchtige Stoffe untersucht werden können. Da sich Fette nicht unzerstört verdampfen lassen, werden sie zunächst **hydrolysiert** und die Fettsäuren dann mit Methanol verestert, um die **Siedepunkte herabzusetzen**. Die **Fettsäuremethanolester** können dann in den Gaschromatograph eingespritzt und mit Hilfe von **Vergleichssubstanzen** identifiziert werden.

Übungen: Aufgaben zu Fetten und Seifen Aufgabe 10



36.3 Schema eines Gaschromatographen. Gaschromatogramm von Benzin.

4.1.6. Dispersionen

Tyndall-Effekt mit Seifenlösung

Dispersionen

Dispersionen sind Verteilungen von kleinen Teilchen in einem Dispersionsmittel. Je nach Durchmesser d der dispergierten Teilchen unterscheidet man

1. **molekulardispense** (echte) Lösungen mit $d < 1$ nm. Da der Teilchendurchmesser deutlich kleiner ist als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes, findet keine Reflektion statt. Die Teilchen sind unsichtbar und die Lösung ist klar.
2. **kolloiddispense** (kolloidale) Lösung mit $1 < d < 1000$ nm. Da der Teilchendurchmesser im Bereich der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes liegt, findet Reflektion statt, aber der Umriss der Teilchen ist nicht auflösbar. Die Lösungen sind klar und zeigen den Tyndall-Effekt (Streuung von durchscheinendem Licht)
3. **grobdispense** Lösungen mit $d > 1000$ nm, in denen die Umrisse der Teilchen erkennbar sind und zu einer trüben Lösung führen.

Beispiele:

Aggregatzustände	Bezeichnung	Beispiel
fest in fest	feste Suspension	Rubinglas
fest in flüssig	flüssige Suspension	Kaffee
fest in gasförmig	festes Aerosol	Rauch
flüssig in fest	feste Emulsion	Butter
flüssig in flüssig	flüssige Emulsion	Milch
flüssig in gasförmig	flüssiges Aerosol	Nebel
gasförmig in fest	fester Schaum	Bimsstein
gasförmig in flüssig	flüssiger Schaum	Schlagsahne

4.1.7. Tenside und Emulgatoren

Tenside bzw. **Emulgatoren** sind Moleküle, die aus einem längeren **unpolaren Schwanz** (Alkylrest) und einem **polaren Kopf** (meist eine Hydroxyl-, Carboxylat oder Sulfonat-Gruppe) bestehen. Dadurch sind sie in der Lage, unpolare und polare Stoffe kolloidal ineinander zu lösen. Die Bildung einer Dispersion erfolgt in mehreren Schritten.

1. **Benetzung der unpolaren Teilchen durch Herabsetzung der Oberflächenspannung des Wassers.**

Petrischale randvoll mit Wasser füllen, Baumwolle oder Büroklammer auflegen und Spülmittel dazugeben.

Petrischale mit Wasser auf OHP, Schwefel oder Aktivkohle aufstreuen, 1 Tropfen Spülmittel dazugeben.

Die Tensidmoleküle ordnen sich wegen der mangelnden Löslichkeit ihrer unpolaren Schwänze an der Wasseroberfläche an. Sie schwächen dort die starken Dipol-Dipol-Kräfte zwischen den Wassermolekülen und bewirken so das Zerfließen der Wassertropfen. Das Wasser kann in Gewebe und kleine Zwischenräume vordringen und die Fetteilchen umhüllen.

2. **Ablösewirkung**

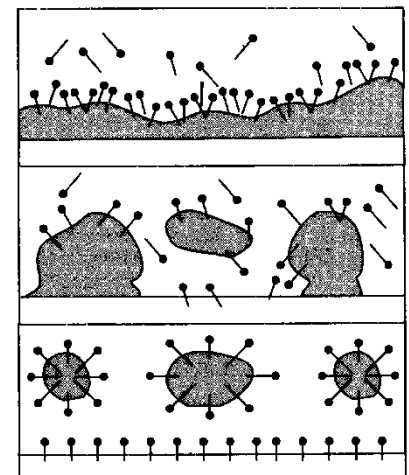
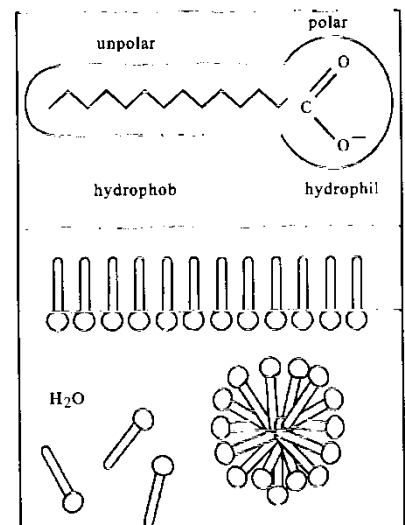
Die unpolaren Schwänze der Tenside werden durch van-der-Waals-Kräfte von unpolaren Fasern und Fetteilchen angezogen. Die nach außen stehenden negativ geladenen polaren Köpfe stoßen sich gegenseitig ab und bewirken die Ablösung und Aufspaltung der Fetteilchen.

3. **Emulgier- bzw. Dispergierwirkung**

Je 1 Teelöffel Aktivkohle in 100 ml Wasser und 100 ml Tensidlösung geben und filtrieren.

In 2 RG jeweils 2 ml mit Sudanrot gefärbtes Olivenöl geben und Wasser bzw. Tensidlösung hnzufügen.

Die Fetteilchen werden von den Tensidmolekülen umhüllt, wobei die unpolaren Schwänze in die Fetteilchen eindringen und die polaren Köpfe dem Wasser zugewandt sind. Die so gebildeten **Micellen** haben nach außen hin polaren Charakter und bilden eine Dispersion

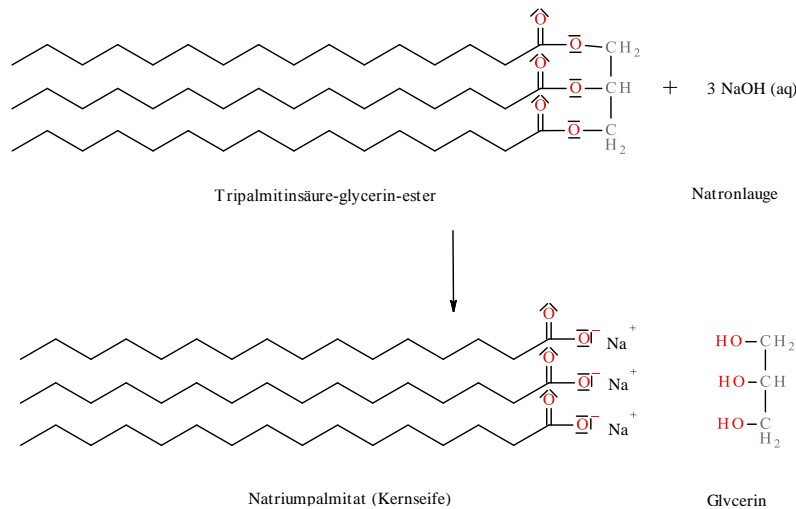


Übungen: Aufgaben zu Fetten und Seifen Aufgabe 11

4.1.8. Seifen

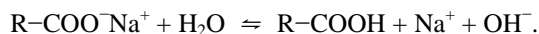
Olivenöl und Wasser in RG geben, festes NaOH hinzufügen, erwärmen (Schutzbrille!) und Schaumbildung beobachten

Die einfachsten und ältesten Tenside erhält man durch Kochen von tierischen oder pflanzlichen Fetten mit konzentrierten Alkalilaugen (**Seifensieden**). Dabei werden die Fette zu Glycerin und Alkalisalzen der Fettsäuren (**Seifen**) hydrolysiert. Mit **Natronlauge** erhält man feste **Kernseifen**, mit **Kalilauge** flüssige **Schmierseifen**:

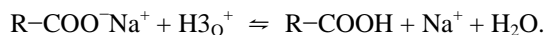


Nachteile der Seifen:

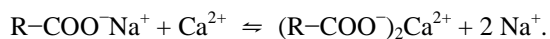
1. Seifen reagieren als Salze schwacher Säuren stark **basisch**, wodurch Textilien und auch die menschliche Haut angegriffen werden:



2. Starke Säuren **neutralisieren** die Seifen zu **wasserunlöslichen Fettsäuren**. Aus diesem Grund können Seifen für stark saure Verschmutzungen, wie sie zum Beispiel häufig in der Industrie auftreten, nicht verwendet werden:



3. Die Härtebildner des Wassers, hauptsächlich Ca^{2+} - und Mg^{2+} -Ionen, bilden mit Seifen schwerlösliche Salze, die **Kalkseifen**. In hartem Wasser wird dadurch unnötig mehr Seife verbraucht. Außerdem lagert sich die Kalkseife auf Textilien ab, wodurch diese grau und spröde werden:



Übungen: Versuche zu Seifen und Tensiden

4.1.9. Hartes Wasser und Waschwirkung

Natürliches Quellwasser enthält im Gegensatz zu Regenwasser je nach Herkunft unterschiedliche Mengen an Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- und SO_4^{2-} -Ionen. Diese Ionen sind einerseits für den Eigengeschmack verantwortlich, vermindern aber andererseits die Waschwirkung der meisten **Seifen** $\text{R-COO}^- \text{Na}^+$ und **anionischen Tenside** $\text{R-O-SO}_3^- \text{Na}^+$, mit denen sie **schwerlösliche Salze** wie z.B. „Kalkseifen“ $\text{Ca}(\text{R-COO})_2$ bilden. Diese schwerlösliche Salze setzen sich beim Waschvorgang am Boden des Waschgefäßes ab, wodurch sowohl die Härtebildner Ca^{2+} und Mg^{2+} als auch die Seifen RCOO^- und ROSO_3^- aus der Waschlauge entfernt werden. Ca^{2+} und Mg^{2+} führen also zu einem Mehrverbrauch an (teurer und umweltbelastender) Seife und sollten daher **vor** dem Waschvorgang entfernt werden.

Früher entfernte man einen Teil des Ca^{2+} und Mg^{2+} durch **Erhitzen** oder **Zugabe von Lauge**. Dabei werden die HCO_3^- -Ionen zu CO_3^{2-} deprotoniert:

Beim **Erhitzen** wird CO_2 aus der Waschlauge ausgetrieben, wodurch sich das Gleichgewicht $2 \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ stark nach rechts verschiebt. (Prinzip vom kleinsten Zwang)

Zugabe von Lauge: $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

Die CO_3^{2-} -Ionen bilden mit Ca^{2+} und (in geringerem Maße) Mg^{2+} schwerlösliche Salze, die sich als „Kesselstein“ CaCO_3 und MgCO_3 auf dem Boden absetzen. Dadurch kann jedes ursprünglich enthaltene HCO_3^- ein Ca^{2+} bzw. Mg^{2+} aus der Lauge entfernen. Der Gehalt an HCO_3^- wird daher **temporäre Härte** genannt, während der Gehalt an SO_4^{2-} **permanente Härte** heißt.

Heute werden Ca^{2+} und Mg^{2+} beim Waschvorgang durch **Komplexbildner** wie $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{11}$ oder $\text{Na}_2\text{H}_2\text{EDTA}$ entfernt bzw. durch Na^+ ersetzt.

Nach dem Gesetz über Einheiten im Messwesen vom 2.7.1969 darf von den vielen früher gebräuchlichen Einheiten eigentlich nur noch die Einheit mmol/l verwendet werden. Auf den Waschmittelpackungen wird neben dem Härtebereich aber oft noch der **Deutsche Härtegrad** angegeben. Ein Deutscher Grad (1 °d) entspricht 10 mg **Calciumoxid** pro Liter oder 0,18 mmol/l Erdalkali-Ionen. Dabei muss beachtet werden, dass in wässriger Lösung kein Calciumoxid vorliegt, aber **alle** Härtebildner (auch die Anionen HCO_3^- und SO_4^{2-} !) **auf Calciumoxid umgerechnet** werden.

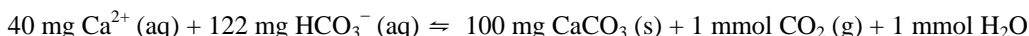
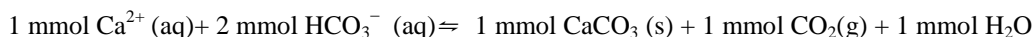
Beispiel: Berechnung der temporären und permanenten Wasserhärte

1 l einer Wasserprobe enthält 467 mg Ca^{2+} -Ionen und 228 mg HCO_3^- -Ionen.

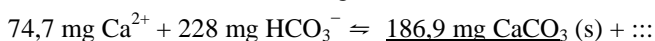
- Wie viel g Kesselstein CaCO_3 können beim Erhitzen dieser Wasserprobe maximal entstehen?
- Berechnen Sie die temporäre und die permanente Härte in deutschen Härtegraden.
- Die permanente Härte wurde früher auch durch Zugabe von Na_2CO_3 oder NaHCO_3 und nachfolgenden Erhitzen entfernt. Erklären Sie diese beiden Methoden mit Hilfe je einer Reaktionsgleichung.

Lösung:

- Man rechnet die Reaktionsgleichung zunächst auf mg um:



Am Massenverhältnis sieht man jetzt schon, dass die 228 mg HCO_3^- **vollständig** reagieren können, wobei aber nur ein Teil der 467 mg Ca^{2+} verbraucht werden. Daher rechnet man auf 228 mg HCO_3^- um :



- Die in a) verbrauchten 74,4 mg $\text{Ca}^{2+} = 1,86 \text{ mmol } \text{Ca}^{2+} \triangleq \underline{10,3 \text{ °d}}$ bilden die **temporäre Härte**, die übrig gebliebenen $467 - 74,4 = 392,6 \text{ mg } \text{Ca}^{2+} = 9,8 \text{ mmol } \text{Ca}^{2+} \triangleq \underline{54,5 \text{ °d}}$ bilden die **permanente Härte**.
- In beiden Fällen wird der Gehalt an CO_3^{2-} erhöht, wodurch die restliche Ca^{2+} und Mg^{2+} ausgefällt werden.

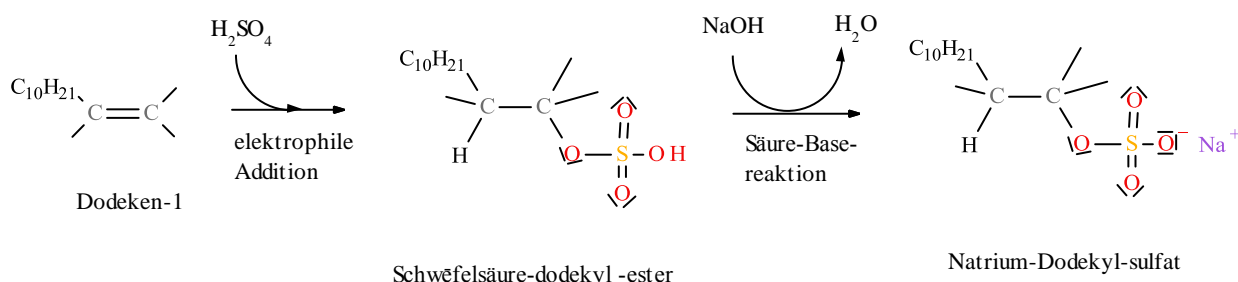
Übungen: Aufgaben zu Fetten und Seifen Aufgabe 12
Versuche zur Wasserhärte

4.1.10. Anionische und nichtionische Tenside

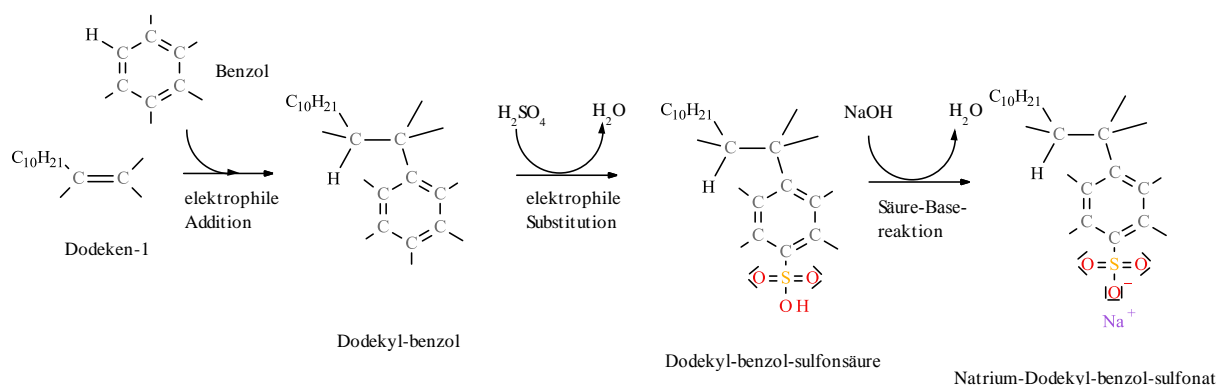
Anionische Tenside.

Zu den wichtigsten Vertretern dieses Typs gehören die in **Waschmitteln** verwendeten Natriumsalze von Schwefelsäuremonoalkylester, die man auch als „**Alkylsulfate**“ bezeichnet und die **Alkylbenzolsulfonate**.

Alkylsulfate erhält man durch Addition von Schwefelsäure an höhere 1-Alkene aus dem Crackprozeß und Neutralisation der entstehenden Schwefelsäuremonoalkylester:



Bei der Herstellung von **Alkylbenzolsulfonaten** wird zunächst Benzol an höhere 1-Alkene addiert. Durch Sulfonierung der entstehenden Alkylbenzole mit Schwefelsäure erhält man Alkylbenzolsulfonsäuren, deren Neutralisation mit Natronlauge Alkylbenzolsulfonate ergibt:

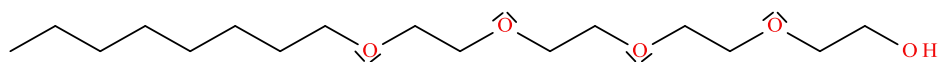


Da die teilweise veresterte Schwefelsäuren aufgrund des +I-Effektes der Alkylreste schwächere Säuren als unveresterte Schwefelsäuren sind und mit Ca^{2+} ebenfalls schwerlösliche Salze bilden, treten die oben genannten Nachteile in abgeschwächter Form bei diesen Tensiden leider ebenfalls auf.

Nichtionische Tenside.

Diese Art von Tensiden erhält im hydrophilen Molekülteil mehrere, zur Hydratisierung befähigte Ethergruppen und eine endständige polare Hydroxylgruppe. Die Herstellung erfolgt häufig durch Addition von Fettsäuren oder höheren primären Alkoholen an Ethylenoxid. Nichtionische Tenside neigen bei ausgezeichneter Reinigungswirkung weniger zur Schaumbildung als Anion-Tenside und werden in **Geschirrspülmitteln** verwendet.

Beispiel: Oktyl-tetraglykol-ether

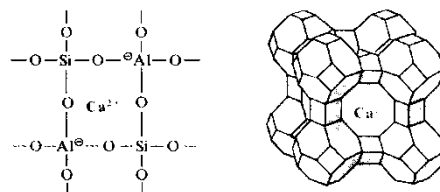
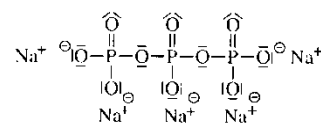


Übungen: Versuche zu Seifen und Tensiden

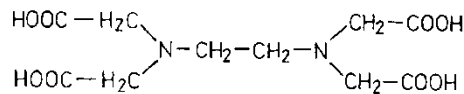
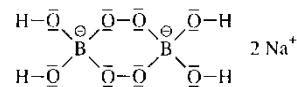
4.1.11. Waschmittel

Versuche zu Waschmitteln

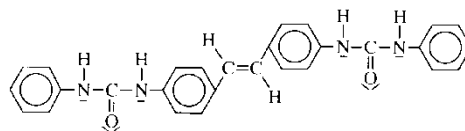
Enthärter entfernen die Härtebildner Ca^{2-} und Mg^{2+} aus der Waschlösung. Sie verhindern dadurch die Bildung von **Kalkseifen** und die **Verkalkung** der Waschmaschine. **Pentanatriumtriphosphat** $Na_5P_3O_{10}$ bildet mit den Härtebildnern lösliche Komplexe, führt aber zu einer Eutrophierung (Überdüngung \Rightarrow übermäßiges Algenwachstum \Rightarrow Sauerstoffmangel) der Gewässer und wird daher kaum noch verwendet. Das Natriumaluminiumsilicat **Zeolith A** $Na_{12}[Al_{12}Si_{12}O_{28}] \cdot 27 H_2O$ (zeon = kochen und lithos = Stein, da das Mineral beim Erhitzen durch Wasserabgabe zu kochen scheint) ist ein Ionentauscher, der die in seinen Hohlräumen lose gebundenen Na^+ - und K^+ - Ionen gegen Ca^{2+} - und Mg^{2+} austauschen kann.



Bleichmittel wie z.B. **Natriumperborat** $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_8\text{H}_4$ oder **Natriumpercarbonat** $2 \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}_2$ hydrolysieren in Wasser unter Bildung von H_2O_2 , welches die Farbstoffe in Obst- und Rotweinflecken durch Oxidation zerstört. Die Farbstoffe von maschinenwaschbaren Textilien müssen gegenüber Luftsauerstoff beständig sein und werden nicht angegriffen. **Schwermetallionen** katalysieren den Zerfall des Perborates, was zu **Faserschädigungen** durch überhöhte H_2O_2 -Konzentrationen führen kann. Man setzt daher Komplexbildner wie **EDTA** (Ethyldiamintetraacetat) hinzu, die die Schwermetallionen aus der Waschlösung entfernen. Das ähnlich aufgebaute **TAED** (Tetraacetylenethylenediamin) ist im Gegensatz zu EDTA ein Ethansäureamid, welches mit H_2O_2 sehr leicht zu Peressigsäure „hydrolysiert“ und die Freisetzung von H_2O_2 **kontrolliert beschleunigt**, so dass die **Waschtemperatur** ohne Verzicht auf Bleichwirkung herabgesetzt werden kann.



Weißtöner. Wiederholt gewaschene Wäsche erhält mit der Zeit einen **Gelbstich**. Gelbliches Weiß wird jedoch als Schmutz empfunden. **Weißtöner**, wie das rechts abgebildete **Blankophor** sind **Fluoreszenzfarbstoffe**, die die UV-Strahlung, die zu etwa 4 % im Tageslicht enthalten ist, absorbieren und als „sichtbares“ blaues Licht wieder abstrahlen. Das emittierte, blaue Licht kompensiert den Gelbstich der Wäsche zu weiß



Enzyme (Proteasen) dienen zur Auflösung eiweißhaltiger Flecken aus Kakao, Blut oder Milch.

Stellmittel wie Natriumsulfat Na_2SO_4 oder Natriumsilikat Na_4SiO_4 dienen als Trockenmittel, um die Rieselfähigkeit und Dosierbarkeit des Waschpulvers zu verbessern.

Soda Na_2CO_3 sorgt für einen leicht basischen pH der Waschlauge, um die Protonierung der anionischen Tenside zu verhindern.

Übungen: Aufgaben zu Fetten und Seifen Aufgabe 13