

Dr. Hans-Winfried Wolter, Julius-Stursberg-Gymnasium Neukirchen-Vluyn

Vorschlag für eine Anwendung
vereinfachter Strukturmodelle im Rahmen
einer Unterrichtsreihe "Fette-Seifen" :

Zielvorstellungen:

- Erklärung bestimmter Eigenschaften und Beschreibung chemischer Reaktionen von Fettsäuren mit Hilfe eines vereinfachten Strukturmodells ("Speer"-Modell)
- Erklärung bestimmter Eigenschaften und Beschreibung chemischer Reaktionen von Glycerin mit Hilfe eines vereinfachten Strukturmodells ("Dreispitzen"-Modell)
- Erklärung bestimmter Eigenschaften und Beschreibung chemischer Reaktionen von Fetten mit Hilfe eines vereinfachten Strukturmodells ("Stimmgabel"-Modell)
- Erklärung bestimmter Eigenschaften und Beschreibung chemischer Reaktionen von Seifen (und anderen Tensiden) mit Hilfe eines vereinfachten Strukturmodells ("Streichholz"-Modell)

Wünschenswerte/Erforderliche (?) fachliche Voraussetzungen:

- Qualitative Analyse von C-H-O-Verbindungen
- Reaktionen von Säuren mit Laugen (Neutralisation)

- evtl.:
- Eigenschaften (z.B. Schmelz-/Siedetemperatur, Löslichkeit, Dichte) einfacher organischer Verbindungen (gesättigte bzw. ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Carbonsäuren, z.B. Ethan, Hexan, Ethen, Methanol, Ethanol, Methansäure, Ethansäure)
 - Aufbauprinzip (unpolare bzw. polare Elektronenpaarbindungen) und Strukturformeln einfacher organischer Verbindungen (s.o.)

Exp. Beobachtungen:	Mögliche Erklärungen (Speer-Modell):
geringe Löslichkeit in Wasser	großer (bzw. langer) unpolarer und damit hydrophob wirkender Bereich, sehr kleiner polarer und damit hydrophil wirkender Bereich: Umhüllung der Fettsäure-Teilchen durch Wasser-Teilchen kaum möglich
bessere Löslichkeit in Ethanol	teilweise Umhüllung des unpolaren und dadurch hydrophob wirkenden Bereichs der Fettsäure-Teilchen durch (kleinen) unpolaren Alkylrest der Ethanol-Teilchen möglich
gute Löslichkeit in Benzin	Umhüllung der unpolaren und damit hydrophob wirkenden Bereiche der Fettsäure-Teilchen durch ähnlich gebaute Gruppen der (verschieden großen) Benzin-Teilchen gut möglich (van-der Waalssche-Wechselwirkungen)
kristalliner Bau gesättigter Fettsäuren	regelmäßige Anordnung der Fettsäure-Teilchen untereinander (z.B. jeweils mit ihren unpolaren bzw. polaren Bereichen zueinander)
relativ niedrige Schmelztemperaturen	keine starken Anziehungskräfte der Fettsäure-Teilchen untereinander (schwache van-der Waalssche-Wechselwirkungen, etwas stärkere Dipol-Dipol-Wechselwirkungen), so daß bei Zufuhr von Wärmeenergie infolge stärkerer Teilchenbewegung die regelmäßige Ordnung relativ schnell zusammenbricht
Schmelztemperatur (Stearinsäure) > Schmelztemperatur (Ölsäure)	die geknickten "Schäfte" der Ölsäure-"Speere" können sich nicht so leicht regelmäßig zueinander anordnen wie die geraden "Schäfte" der Stearinsäure-"Speere", sondern erst bei deutlich schwächerer Teilchenbewegung
beim "Sieden" thermische Zersetzung	bei stärkerer Wärmezufuhr führt die heftige Teilchenbewegung dazu, daß sich nicht einzelne Teilchen voneinander losreißen können, sondern wegen der Verknäuelung der "Speere" eher Bindungen innerhalb der "Schäfte" gebrochen werden und Bruchstück-Teilchen entstehen, die anderen Stoffen entsprechen

Dichte < Dichte von
Wasser

durch die sperrigen (und leicht beweglichen) "Speere" und die nicht so straken Wechselwirkungen ist verglichen mit Wasser-Teilchen keine so enge Zusammenlagerung von Fettsäure-Teilchen möglich (trotz relativ großer Teilchenmasse wird ein sehr großes Volumen benötigt → der Quotient m/V ist relativ klein)

positive BAEYER-Probe
bei ungesättigten
Fettsäuren

eine oder mehrere ungesättigte Gruppierungen (C=C-Bindungen, die unter "Aufnahme" von O-Atomen aus dem Oxidationsmittel mit diesem im Gegensatz zu den gesättigten Gruppierungen reagieren können) in den "Speer-Schäften"

unterschiedliche
Benetzbarkeit der Ober-
bzw. Unterseite einer
erstarren Stearinsäure-
Platte

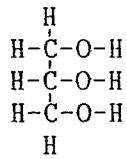
vorzugsweise Orientierung der in der geschmolzenen Fettsäure frei beweglichen Teilchen mit ihrer polaren und damit hydrophil wirkenden "Speer-Spitze" zu den Wasser-Teilchen, mit ihrem unpolaren "Speer-Schaft" zu den ebenfalls unpolaren "Luft"-Teilchen;
Erhaltung dieser Orientierung beim Wiedererstarren der Schmelze, so daß ein Wassertropfen auf der Oberseite der Platte auf unpolare Bereiche trifft und wegen praktisch fehlender Wechselwirkungen nicht zerteilt wird, während auf der Unterseite aufgrund von Wechselwirkungen zwischen Wasser-Teilchen und polarer "Speer-Spitze" eine Zerfließen des Tropfens erleichtert wird

Neutralisation mit
Natronlauge

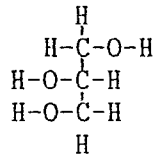
chemische Reaktion der Laugen-Teilchen mit der sauer reagierenden "Speer-Spitze" unter Bildung von Wasser-Teilchen und Seifen-Teilchen (s.u.)

2) GLYCERIN-Teilchen:

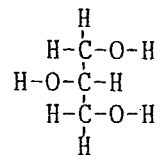
- Struktur-Formel ("Projektions"-Formel):



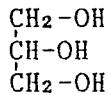
oder



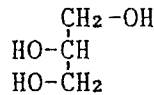
oder



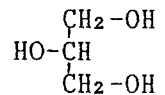
- Teilstruktur-Formel:



oder



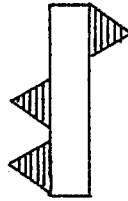
oder



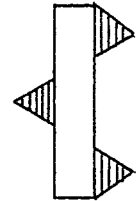
- "Block"-Struktur:



oder



oder



Exp. Beobachtungen:

Mögliche Erklärungen (Dreispitzen-Modell):

gute Löslichkeit in
Wasser und in EthanolUmhüllung der polaren und damit hydrophil
wirkenden Bereiche der Glycerin-Teilchen
durch polar gebaute Wasser-Teilchen bzw.
durch polar gebaute Gruppe der Ethanol-
Teilchenschlechte Löslichkeit in
Benzindurch die Wechselwirkungen ihrer polaren
Gruppen starker Zusammenhalt der Glycerin-
Teilchen untereinander: Umhüllung durch
unpolar gebaute Gruppen der Benzin-
Teilchen kaum möglichrelativ hohe
Siedetemperaturdurch mehrfache starke Wechselwirkungen
der drei polaren "Spitzen" recht fester
Zusammenhalt der Glycerin-Teilchen selbst
bei stärkerer Teilchenbewegung infolge
Wärmezufuhr
erst bei heftiger Teilchenbewegung (d.h.
höherer Temperatur) Überwindung dieses
Zusammenhalts und Loslösung einzelner
Glycerin-Teilchen voneinanderDichte > Dichte von
Wasserverglichen mit Wasser-Teilchen noch
stärkerer Zusammenhalt der Glycerin-
Teilchen (bei größerer Teilchenmasse wird ein vergleichbar
kleineres Volumen benötigt → der Quotient m/V ist relativ
gesehen größer)

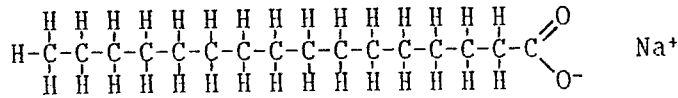
Exp. Beobachtungen:	Mögliche Erklärungen (Stimmgabel-Modell):
geringe Löslichkeit in Wasser	große (bzw. lange) hydrophob wirkende Bereiche, sehr kleine hydrophil wirkende Bereiche: Umhüllung der Fett-Teilchen durch Wasser-Teilchen kaum möglich
bessere Löslichkeit in Ethanol	teilweise Umhüllung der hydrophob wirkenden Bereiche der Fett-Teilchen durch (kleinen) unpolaren Alkylrest der Ethanol-Teilchen möglich
gute Löslichkeit in Benzin	Umhüllung der hydrophob wirkenden Bereiche der Fett-Teilchen durch ähnlich gebaute (Alkyl-)Gruppen der (verschieden großen) Benzin-Teilchen gut möglich (van-der Waalssche-Wechselwirkungen)
keine best. Schmelztemperatur, sondern größerer Schmelzbereich	Fette sind keine Reinstoffe, sondern Gemische: Fett-Teilchen mit verschiedenen langen "Stimmgabel-Ästen" liegen relativ regelmäßig untereinander geordnet vor
relativ niedrige Schmelzbereiche	trotz vieler van-der Waalsscher-Wechselwirkungen ergibt sich keine sehr regelmäßige Anordnung, da die Fett-Teilchen zwar vom Prinzip her gleichartig aufgebaut sind, aber die "Stimmgabel-Äste" verschiedenen lang und relativ leicht beweglich sind, so daß bei Zufuhr von Wärmeenergie infolge stärkerer Teilchenbewegung die Ordnung zusammenbricht
beim "Sieden" thermische Zersetzung	bei stärkerer Wärmezufuhr führt die heftige Teilchenbewegung dazu, daß sich nicht einzelne Teilchen voneinander losreißen können, sondern wegen der Verknäuelung der "Stimmgabel-Äste" eher Bindungen innerhalb der "Äste" gebrochen werden und Bruchstück-Teilchen entstehen, die anderen Stoffen entsprechen
Dichte < Dichte von Wasser	durch die sperrigen und leicht beweglichen "Stimmgabel-Äste" ist keine enge Zusammenlagerung von Fett-Teilchen möglich (trotz relativ großer Teilchenmasse wird ein sehr großes Volumen benötigt ---> der Quotient m/V ist relativ klein)

Verdauung von Fetten	nach einer Emulgierung (Umhüllung der Fetttröpfchen) im Zwölffinger-Darm durch Gallensäuren findet im Dünndarm eine (enzymatisch gesteuerte) Spaltung in Glycerin und Fettsäuren statt, die von der Darmwand aufgenommen und noch dort (enzymatisch gesteuert) zu neuen (arteigenen) Fetten zusammengebaut werden
Umesterung von Fetten	die Umsetzung mit einfachen ("einwertigen") Alkoholen (z.B. Methylalkohol) führt zur Spaltung der Bindungen zwischen Glycerin- und Fettsäure-Bausteinen und der Neubildung analoger Bindungen zwischen Alkohol- und Fettsäure-Bausteinen zu Teilchen, die keine Stimmgabel-Struktur mehr besitzen, sondern einen eher langgestreckten Bau
BAEYER-Probe	ungesättigte Gruppierungen (C=C-Bindungen, die unter "Aufnahme" von O-Atomen aus dem Oxidationsmittel mit diesem im Gegensatz zu den gesättigten Gruppierungen reagieren können) in den "Stimmgabel-Ästen", wodurch die Fett-Teilchen noch sperriger werden, so daß sie nur sehr schwer eine regelmäßige Anordnung einnehmen ---> vor allem bei Zimmertemperatur flüssige Fette (fette Öle) enthalten sog. ungesättigte Fette bzw. Fett-Teilchen (keine freien ungesättigten Fettsäuren!)
Fetthärtung	die Anlagerung von Wasserstoff-Teilchen an die C=C-Bindung führt zur Bildung gesättigter Fette, deren Teilchen aufgrund ihres weniger sperrigen Baus eher eine relativ regelmäßige Anordnung einnehmen können
Alterung von Fetten	Spaltung von Fett-Teilchen durch Wassermoleküle in Glycerin und freie Fettsäuren, deren Geruch charakteristisch sein kann (z.B. Buttersäure) bzw. chemische Reaktion von (Luft-)Sauerstoff mit C=C-Bindungen in den Teilchen ungesättigter Fette unter Bildung einer Vielzahl verschiedener Produkte
Verseifung von Fetten	Angriff der Laugen-Teilchen an der Bindungsstelle zwischen Glycerin-Rest und Fettsäure-Resten unter Bildung von Glycerin-Teilchen und Seifen-Teilchen

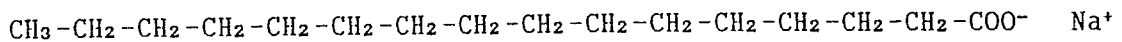
4) SEIFEN-Teilchen:

a) Natrium-Palmitat (= Natrium-hexadecanat):

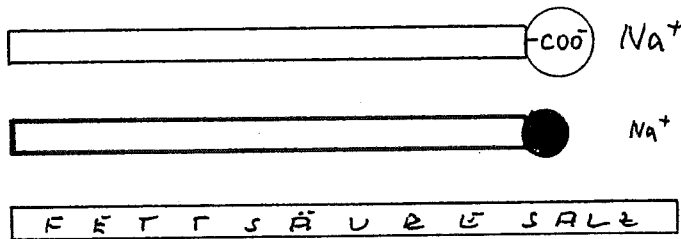
- Struktur-Formel ("Projektions"-Formel):



- Teilstruktur-Formel:

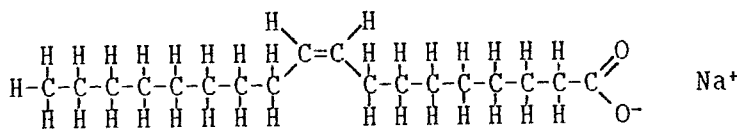


- "Block"-Struktur ("Streichholz"-Modell):

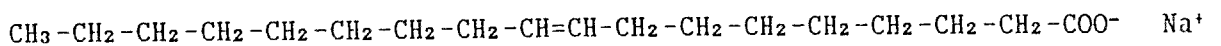


b) Natrium-Oleat (= Natrium-cis-9-octadecenat):

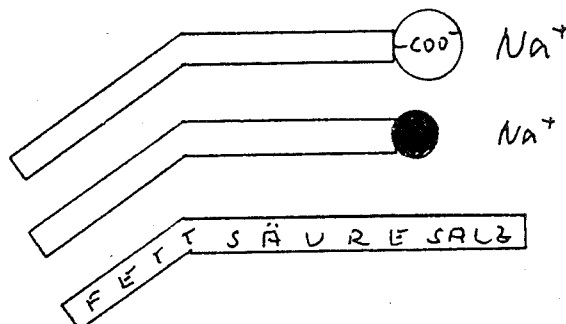
- Struktur-Formel ("Projektions"-Formel):



- Teilstruktur-Formel:



- "Block"-Struktur ("Streichholz"-Modell):



Evtl. Modelle abnehmenden Komplexitätsgrades bauen (lassen) bzw. vorstellen, z.B.:

- Molekül-Baukasten-Modelle
- Kunststoff-Modelle (vgl. Experimentierkasten "Seifen und Waschmittel", Henkel Düsseldorf + Klett Stuttgart 1985)
- Folienschnipsel
- div. Streichhölzer, Wunderkerzen o.ä.

Exp. Beobachtungen:	Mögliche Erklärungen (Streichholz-Modell):
thermische Zersetzung vor Erreichen der Schmelz- bzw. Siedetemperatur	"Zerreißen" des langen "Stiels" durch die infolge Wärmezufuhr stark erhöhte Beweglichkeit der Seifen-Teilchen noch vor Aufhebung der (ziemlich) regelmäßigen Anordnung und vor Überwindung des (überwiegend elektrostatischen) Zusammenhalts der kleinsten Teilchen (positiv geladene Natrium-Teilchen / negativ geladene Seifenteilchen); daher entstehen Bruchstück-Teilchen, die zu anderen Stoffen gehören
teilweise löslich in Wasser	Umhüllung des stark polaren "Kopfes" (mit starken Wechselwirkungen), kaum dagegen des unpolaren "Stiels" der Seifen-Teilchen durch (di)polar gebaute Wasser-Teilchen
gut löslich in Ethanol	Umhüllung sowohl des polaren wie des unpolaren Bereichs durch die polare Hydroxyl- bzw. unpolare Alkyl-Gruppierung von Ethanol-Teilchen
schwer löslich in Benzin	Umhüllung des unpolaren "Stiels" (mit schwachen Wechselwirkungen), nicht dagegen des stark polaren "Kopfes" durch unpolare (verschieden große) Benzin-Teilchen
bei Säurezugabe zu Seife Rückbildung der wenig wasserlöslichen Fettsäuren	Veränderungen am Seifenteilchen durch Bildung eines nicht so stark polaren "Kopfes", der von Wasser-Teilchen weniger gut umhüllt werden kann
gutes Benetzungsvermögen einer auf Wasser erstarrten Fettsäure-Schmelze nur auf der dem Wasser zugekehrten Seite	vorzugsweise Orientierung der in der Schmelze leicht gegeneinander beweglichen Fettsäure-Teilchen mit ihrem schwach hydrophil wirkenden Bereich zu den (polaren) Wasserteilchen hin, mit ihrem hydrophob wirkenden Bereich zu (unpolaren) "Luft"-Teilchen hin
positiver TYNDALL-Effekt einer wäßrigen Seifen-Lösung	Zusammenschluß der Seifen-Teilchen zu größeren Verbänden (sog. Micellen), in denen sich die hydrophob wirkenden Bereiche etlicher Seifen-Teilchen zusammenlagern und verknäueln und so die hydrophil wirkenden Endgruppen den Wasser-Teilchen zuwenden, so daß insgesamt ein wesentlich größerer Teilchenumfang vorgetäuscht wird und Licht an diesen Teilchen-Verbänden gestreut wird;
negativer TYNDALL-Effekt einer alkoholischen Seifen-Lösung	wegen der allseits guten Umhüllung von Seifen-Teilchen durch Alkohol-Teilchen keine Bildung größerer Teilchenverbände

Erniedrigung der Oberflächenspannung von Wasser bei Seifenzugabe

(vor der bei höheren Konzentrationen auftretenden Bildung von Micellen) zunächst vorzugsweise Verteilung der Seifen-Teilchen auf der Wasseroberfläche, wobei sie sich mit ihrem hydrophil wirkenden "Kopf" zwischen die Wasser-Teilchen an der Wasseroberfläche drängen, so daß die Anziehungskräfte zwischen benachbarten Wasser-Teilchen geschwächt werden

besseres Benetzungsvermögen einer Seifen-Lösung an hydrophoben Oberflächen

Anlagerung der Seifen-Teilchen mit ihren hydrophob wirkenden "Stielen" an der Oberfläche, wodurch im Gefolge Wasser-Teilchen (auch unter Verdrängung vorhandener "Luft"-Teilchen) "nachgezogen" werden

erhöhtes Dispergier- und Schmutztragevermögen einer Seifen-Lösung bei öligen Verschmutzungen

zunächst erschwerte Ablösung und Verteilung des Öls in Wasser wegen des starken Zusammenhalts der Wasser-Teilchen untereinander und der allenfalls sehr schwachen (van-der-Waalsschen-)Wechselwirkungen zu Öl-Teilchen, während bei Zusatz von Seifen-Teilchen diese mit ihren hydrophob wirkenden Bereichen die Öl-Teilchen umhüllen; die verstärkte Abstoßung der außen befindlichen polaren "Köpfe" untereinander führt zu einer Zerteilung größerer Öltropfen, so daß sich weitere Seifen-Teilchen dazwischen drängen können und so schließlich das Öl von z.B. einer Faseroberfläche losgelöst wird; da diese in der Regel ebenfalls hydrophob wirkt, stoßen sich die jeweils außen liegenden polaren Bereiche der mit Seifen-Teilchen belegten Faseroberfläche sowie der Öltröpfchen ab, wodurch eine erneute Ablagerung des Öls auf der Faser behindert wird

Bildung von Schaum- bzw. Seifenblasen

Aufbau einer Schaum- oder Seifenblase aus einer Doppelschicht von Seifen-Teilchen, bei der die hydrophob wirkenden Bereiche der Innen- bzw. Außenluft zugewandt sind, während die hydrophil wirkenden Bereiche zueinander orientiert sind, wobei die eigentlich zu erwartende verstärkte Abstoßung der polaren Gruppen durch Wasser-Teilchen (bzw. die entsprechenden - positiv geladenen - Gegen-Ionen) verhindert wird

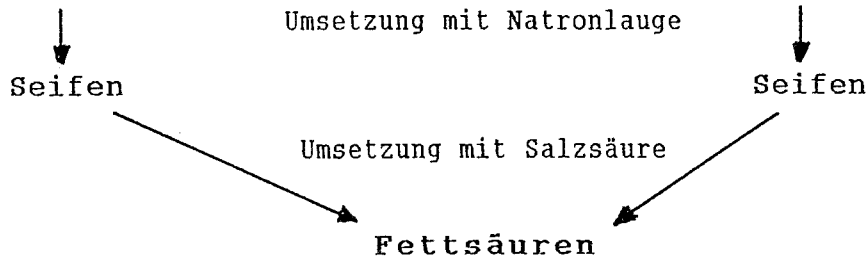
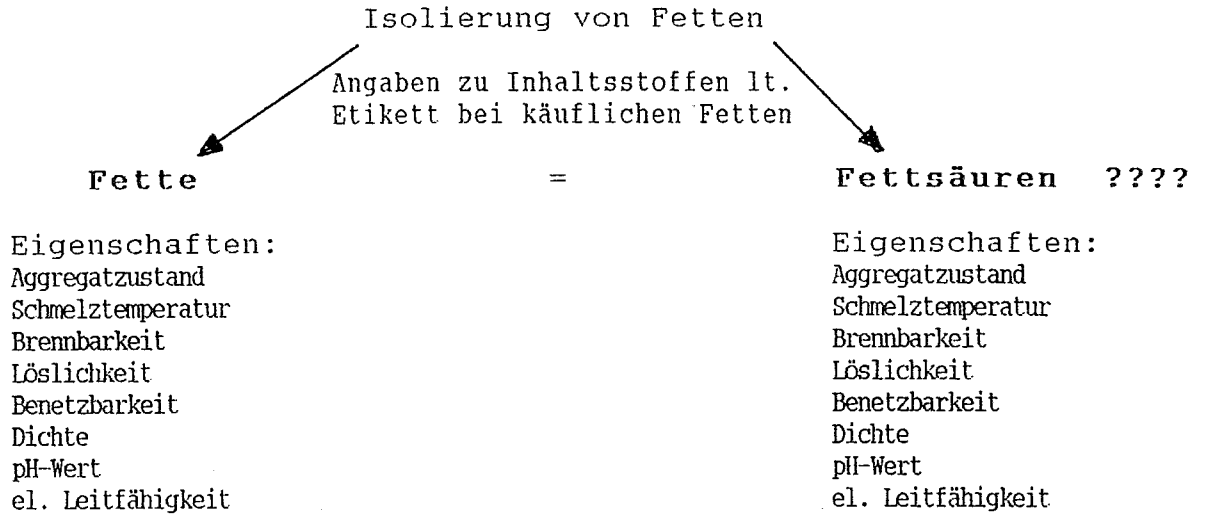
Zusammenstellung von möglichen Versuchen:

- V 1: Isolierung von Fetten
- V 2: Eigenschaften von Fetten:
 Aggregatzustand
 Schmelztemperatur
 Löslichkeit (z.B. in Wasser, Ethanol, Benzin)
 Dichte
 pH-Wert einer wäßrigen Emulsion
 el. Leitfähigkeit einer wäßrigen Emulsion
 Brennbarkeit/qual. Analyse
- V 3: Eigenschaften von Fettsäuren (Stearinsäure, Palmitinsäure, Ölsäure):
 Aggregatzustand
 Schmelztemperatur
 Löslichkeit (z.B. in Wasser, Ethanol, Benzin)
 Dichte
 pH-Wert einer wäßrigen Emulsion
 el. Leitfähigkeit einer wäßrigen Emulsion
 Brennbarkeit/qual. Analyse
- V 4: Umsetzung von Fettsäuren mit Natronlauge (Neutralisation) ("Seife aus Kerzenwachs")
- V 5: Umsetzung von Fetten mit Natronlauge (Verseifung)
- V 6: Eigenschaften von (Kern-)Seifen:
 Schaumbildung
 Löslichkeit (z.B. in Wasser, Ethanol, Benzin)
 Verhalten beim Erhitzen
 Flammenfärbung/Brennbarkeit/qual. Analyse
 el. Leitfähigkeit einer wäßrigen Lösung
 pH-Wert einer wäßrigen Lösung
- V 7: Umsetzung von Seifen mit Salzsäure ("Kerzenwachs aus Seife")
- V 8: Benetzbarkeit der Ober-/Unterseite von festen Stearinsäure-, Kokosfett- bzw. Paraffin-Oberflächen durch Wasser
- V 9: Eigenschaften von Glycerin
- V10: Nachweis von Glycerin
- V11: Thermische Zersetzung von Fetten
- V12: Umesterung von Fetten
- V13: Nachweis von ungesättigten Fetten
- V14: Härtung von Fetten
- V15: Herstellung von Margarine
- V16: Verdauung von Fetten
- V17: Alterung von Fetten

- V18: Experimente zum TYNDALL-Effekt
- V19: Nachteile von Seifen
- V20: Synthese eines anionischen Tensids
- V21: Oberflächenspannung von Wasser und ihre Beeinflussung durch Tenside
- V22: Experimente zum Benetzungsvermögen
- V23: Experimente zum Dispergiervermögen
- V24: Herstellung von Seifenblasen

Grobstruktur einer möglichen Unterrichtsreihe

"Fette-Seifen":



----> F e t t e ≠ F e t t s ä u r e n

Information: Fette = Verbindungen von Fettsäuren mit Glycerin

