

## Hinweis

Bei dieser Datei handelt es sich um ein Protokoll, das einen Vortrag im Rahmen des Chemielehramtsstudiums an der Uni Marburg referiert. Zur besseren Durchsuchbarkeit wurde zudem eine Texterkennung durchgeführt und hinter das eingescannte Bild gelegt, so dass Copy & Paste möglich ist – aber Vorsicht, die Texterkennung wurde nicht korrigiert und ist gerade bei schlecht leserlichen Dateien mit Fehlern behaftet.

Alle mehr als 700 Protokolle (Anfang 2007) können auf der Seite [http://www.chids.de/veranstaltungen/uebungen\\_experimentalvortrag.html](http://www.chids.de/veranstaltungen/uebungen_experimentalvortrag.html) eingesehen und heruntergeladen werden.

Zudem stehen auf der Seite [www.chids.de](http://www.chids.de) weitere Versuche, Lernzirkel und Staatsexamensarbeiten bereit.

Dr. Ph. Reiß, im Juli 2007

170

Protokoll zu dem Experimentalvortrag

FETTE UND FETTE ÖLE

gehalten am 17.12.81

von

Barbara Weber

## GLIEDERUNG

### I EINLEITUNG

- Chemischer Aufbau der Fette

### II EIGENSCHAFTEN DER FETTE

- Löslichkeitsverhalten
- Emulgierung von Fetten
- Baseninduzierte Hydrolyse der Fette  
Nachweis der Estereigenschaften
- Fettsäureanteile der Fette
- Konsistenz der Fette
- Jodzahl von Fetten
- " Trocknende " und " nichttrocknende " Öle

### III Biologische Bedeutung und Vorkommen der Fette und fetten Öle

## I EINLEITUNG

### Chemischer Aufbau der Fette

Die eigentlichen Fette (Neutralfette) werden mit den fettähnlichen Stoffen (Lipoide: Phosphoglyceride, Sphingolipide und Wachse) zur Gruppe der Lipide zusammengefaßt.

Die festen, halbfesten sowie die zum Unterschied zu den Mineralölen (Kohlenwasserstoffe) und ätherischen Ölen (Terpene) als fette Öle bezeichneten flüssigen Fette sind Ester aus dem dreiwertigen Alkohol Glycerin und langkettigen Monocarbonsäuren (Fettsäuren).

#### Folie 1

Die Triglyceride unterscheiden sich durch Art und Position der drei mit dem Glycerin veresterten Fettsäuren. Enthalten sie 3 gleiche Fettsäuren, werden sie als einfache Triglyceride bezeichnet, sind 2 oder 3 verschiedene Fettsäuren vorhanden, spricht man von gemischten Triglyceriden. Die meisten natürlichen Fette bestehen aus äußerst komplizierten Gemischen einfacher und gemischter Triglyceride.

## II EIGENSCHAFTEN DER FETTE

### Löslichkeitsverhalten

Das Löslichkeitsverhalten der Fette wird aus der auf Folie 1 beschriebenen Molekülstruktur ersichtlich. Da die Fette die langen Kohlenwasserstoffketten der höheren Carbonsäuren enthalten und bei der Veresterung sowohl die hydrophilen OH- Gruppen der Säuren als auch des Glycerins verloren haben, sind Fette ausgesprochen hydrophob. Sie lösen sich nur in hydrophoben, d.h. unpolaren Lösungsmitteln.

#### V 1: Löslichkeitsverhalten von Salatöl in verschiedenen Lösungsmitteln

Zu je 25 ml  $H_2O$ , Methanol, Butanol, Toluol und  $CCl_4$  werden ca. 10 ml Salatöl gegeben und anschließend gut durchmischt. Zur besseren Anschaulichkeit wurde die Ölphase zuvor mit Sudan III, einem lipophilen Azofarbstoff (Struktur siehe Folie 1), angefärbt.

Öl ist im polaren Lösungsmittel  $H_2O$  nicht löslich. Beim Schütteln mit  $H_2O$  bildet sich zunächst eine trübe Emulsion, die sich schnell wieder in 2 Phasen scheidet. Gleichzeitig sieht man, daß Fette eine geringere Dichte als Wasser haben und somit oben schwimmen.

Beim Schütteln mit Methanol entsteht zunächst ebenfalls eine Emulsion.

sich die Fettphase unten, d.h. Fett hat eine größere Dichte als Alkohol. In Butanol löst sich das Öl vollständig, es entsteht eine homogene Farblösung. - Je länger die Kohlenstoffkette des Alkohols ist, d.h. je unpolarer er ist, desto besser löst sich das unpolare Fett.

In Toluol und  $\text{CCl}_4$ , beides unpolare, organische Lösungsmittel, löst sich das Fett gut. Es entsteht eine homogene Lösung.

### Emulgierung von Fetten

Schüttelt man ein Gemisch aus Wasser und Öl kräftig um, so bildet sich für kurze Zeit eine Emulsion, die jedoch nicht haltbar ist und sich nach kurzer Zeit wieder scheidet. Durch bestimmte Stoffe (Emulgatoren), vor allem Seife, Eiweiße und Gallensäuren, können solche Emulsionen stabilisiert werden, weil die Fetttropfchen sich mit einer dünnen Haut des Emulgators überziehen, sich dadurch gegenseitig abstoßen und so in feinverteiltem Zustand im Wasser vorliegen. Dies wird z.B. in Wasch- und Spülmitteln ausgenutzt.

### V 2: Emulgierung von Fett

2 Petrischalen werden jeweils mit dest.  $\text{H}_2\text{O}$  gefüllt. In die eine gibt man dann zusätzlich Seifenlösung. Läßt man anschließend mit Sudan III angefärbtes Öl zulaufen und mischt kräftig mit einem Glasstab, macht man folgende Beobachtung:

In reinem dest.  $\text{H}_2\text{O}$  wird keine haltbare Emulsion gebildet; die Fetttropfchen fließen sofort zusammen und es bilden sich 2 Phasen.  
In dest.  $\text{H}_2\text{O}$  + Seifenlösung entsteht eine haltbare Emulsion.

Ursache: Die emulgierende Wirkung der Seife, läßt sich aus dem Bau der Seifenmoleküle verstehen (Folie 2). Die durch Dissoziation entstehenden Fettsäurerestionen haben eine lange, extrem lipophile Kohlenstoffkette und eine stark hydrophile, elektrisch geladene  $\text{COO}^-$  - Gruppe. Sind Fetttropfchen im Wasser, richtet die Seife ihre lipophile Kohlenstoffkette gegen das Innere des Fettes. Damit werden die Fetttropfchen elektrisch aufgeladen und stoßen sich gegenseitig ab, so daß sie nicht zusammenfließen, sondern im Wasser eine haltbare Emulsion bilden. (Schema: Emulgierende Wirkung von Seife, siehe Folie 2)

Eine in der Natur vorkommende Wasser- Fett- Emulsion ist z.B. die Milch. Kleine Fetttropfchen mit einem Durchmesser von ca.  $1/1000$  mm werden durch Eiweißstoffe, die die Fetttropfchen umhüllen in feinst ver-

teiltem Zustand gehalten. Will man sie zu größeren Fetttropfen zusammenfließen lassen, muß man die Eiweißhülle durch Schlagen zerstören (Buttergewinnung).

Eine weitere wichtige Rolle spielt die Emulgierung von Fetten bei der Verdauung, wobei das Fett der aufgenommenen Nahrung durch den Gallensaft emulgiert wird. Butter und Hautcremes sind ebenfalls Wasser - Fett - Emulsionen, in denen der Fettanteil überwiegt.

### Baseninduzierte Hydrolyse der Fette - Nachweis der Estereigenschaften

Die Esterbindung der Fette kann durch Kochen mit Säuren, Basen oder mit Hilfe von Enzymen (Lipase des Pankreassaftes) hydrolytisch gespalten werden. Die Hydrolyse mit Alkali wird Verseifen genannt, da neben dem Glycerin nicht die freien Fettsäuren sondern deren Alkalisalze, die Seifen, entstehen.

Reaktionsablauf und Reaktionsmechanismus der baseninduzierten Hydrolyse siehe Folie 3.

Das Hydroxylion der KOH greift dabei den Ester nukleophil an. Das Additionsprodukt (tetraedrisches Zwischenprodukt) stabilisiert sich unter Alkoholabspaltung zum Salz der Carbonsäure.

Die Reaktionsgeschwindigkeit hängt im geschwindigkeitsbestimmenden Schritt, nämlich der Bildung der tetraedrischen Zwischenstufe, sowohl von der Ester- als auch von der Basenkonzentration ab. Es handelt sich also um eine Reaktion 2. Ordnung. Der letzte Schritt der Reaktion ist aufgrund der extremen Resonanzstabilisierung des Carboxylations irreversibel, so daß die Reaktion nach rechts zugunsten der Hydrolyse verschoben ist.

### V 3: Baseninduzierte Hydrolyse von Salatöl

1 RG wird an einem Stativständer befestigt und taucht in ein Wasserbad (hohes Becherglas auf Magnetrührer) mit einer Temperatur von ca. 65°C. In das RG werden 2 ml Salatöl und 8 ml 10% ige methanol. KOH-Lösung gegeben. Der Inhalt des RG wird während des Erwärmens mit Hilfe eines Rührfisches ständig gerührt. Nach ca. 6 min. ist die Verseifung vollständig abgelaufen (Aufhebung der Trübung) und eine kleine Probe der Verseifungslösung löst sich ohne Trübung in dest. H<sub>2</sub>O. Man teilt nun den Rest der Verseifungslösung in 2 gleiche Teile. Teil 1 wird mit dest. H<sub>2</sub>O verdünnt ( Es kommt zu keiner sichtbaren Trübung, da im Gegensatz zum wasserunlöslichen Triglycerid sowohl die entstandenen Alkalisalze der Fettsäuren als auch das Glycerin in Wasser kolloidal gelöst sind.). Schaumbildung nach kräftigem Schütteln beweist das Vorliegen von Seifenmolekülen

(Kaliumsalze der Fettsäuren).

Nachweis der Fettsäuren: In das RG mit der verdünnten schaumigen Seifenlösung wird etwas konz. Salzsäure gegeben. Es fallen die in  $H_2O$  unlöslichen Fettsäuren als weißer Niederschlag aus (Reaktionsgleichung siehe Folie 4).

Mit Teil 2 wird der Glycerinnachweis durchgeführt. Man verdünnt Teil 2 mit dest.  $H_2O$  und gibt nach Abkühlung auf Raumtemperatur einige Tropfen 10% ige  $CuSO_4$  - Lösung hinzu. Es fällt zunächst  $Cu(OH)_2$  aus. Anschließend bildet sich eine blaue Lösung, hervorgerufen durch den anionischen Cu-Glycerin-Komplex (Reaktionsgleichungen siehe Folie 4)

Die baseninduzierte Fettspaltung ist auch Grundlage für die Ermittlung der Verseifungszahl. Diese stellt eine wichtige Kennzahl in der Fettchemie dar und gibt an, wieviel mg KOH zur völligen Verseifung von 1g Fett oder Öl nötig sind.

#### Fettsäureanteile der Fette

Die physikalischen Eigenschaften und das chemische Verhalten der Fette werden fast ausschließlich von ihren Fettsäureanteilen bestimmt.

Natürliche Fette enthalten fast ausschließlich unverzweigte Fettsäuren mit gerader Anzahl an Kohlenstoffatomen, da sie im Organismus aus  $C_2$ -Einheiten (aktiv. Essigs.) synthetisiert werden. Es kommen sowohl gesättigte als auch ungesättigte Fettsäuren mit einer oder mehreren Doppelbindungen vor. Die Fettsäuren unterscheiden sich primär durch die Kettenlänge sowie durch die Anzahl und Position der Doppelbindungen. In höheren Pflanzen und Tieren sind mengenmäßig am bedeutensten die Fettsäuren mit 16 und 18 C-Atomen; das sind bei den gesättigten Fettsäuren die Palmitin- und Stearinsäure, bei den ungesättigten Fettsäuren die Ölsäure, Linol- und Linolensäure.

Tabelle über die Zusammensetzung einiger natürlich vorkommender Fette siehe Folie 5.

Die ungesättigten Fettsäuren höherer Organismen enthalten meist zwischen Kohlenstoffatom 9 und 10 eine Doppelbindung. Bei den Fettsäuren mit 2 oder mehreren Doppelbindungen stehen diese nie in Konjugation miteinander sondern sind durch eine Methylengruppe getrennt. Die Doppelbindungen fast aller natürlich vorkommender Fettsäuren haben die cis-Konfiguration. Weiterhin wird aus der Tabelle deutlich, daß die unges. Fettsäuren einen niedrigeren Smp. haben als die gesättigten Fettsäuren, worauf ich später noch einmal zurückkommen werde.

### Konsistenz der Fette

Nach ihrer Konsistenz ( $20^{\circ}\text{C}$ ) kann man die Fette in feste (Kokosfett, Palmfett, Rinder- und Hammeltalg), halbfeste (Schmalz, Butter) und flüssige (Leinöl, Olivenöl, Soja- und Ricinusöl) Fette einteilen. Da Fette durchweg Glyceridgemische sind, besitzen Fette keinen festen Schmelzpunkt, sondern einen Erweichungspunkt bzw. Schmelzbereich. Ursache der unterschiedlichen Konsistenz ist die verschiedene Fettsäurezusammensetzung der Triglyceride. Wie man aus der obigen Tabelle entnehmen kann, haben ungesättigte Fettsäuren einen wesentlich tieferen Schmelzpunkt als gesättigte Fettsäuren. So hat Stearinsäure einen Smp. von  $69^{\circ}\text{C}$ , Palmitinsäure von  $62^{\circ}\text{C}$ , Ölsäure von  $14^{\circ}\text{C}$  und Linolsäure von  $-6^{\circ}\text{C}$ . Je höher nun der Anteil an den gesättigten Fettsäuren Stearin- und Palmitinsäure ist, desto härter ist das Fett; die flüssigen Öle bestehen vor allem aus den Estern der ungesättigten Öl- und Linolsäure. Eine wesentliche Rolle für den unterschiedlichen Smp. der Fettsäuren spielt deren Konfiguration. Die gesättigten Fettsäuren sind langgestreckte Moleküle mit hohen zwischenmolekularen Kräften (hoher Smp). Die natürlich vorkommenden ungesättigten Fettsäuren haben stets Doppelbindungen in cis - Stellung. Dadurch ist das Molekül gewinkelt und es kommt zu einer Auflockerung des Kristallgefüges. Die zwischenmolekularen Kräfte sind nicht mehr so stark wirksam (Smp.- Erniedrigung).

Tabelle über die Zusammensetzung und den Schmelzbereich einiger wirtschaftlich wichtiger Fette siehe Folie 6.

Da die cis - Formen der ungesättigten Fettsäuren instabiler sind als die trans - Formen können sie durch Erhitzen mit bestimmten Katalysatoren in die letztere Form überführt werden. Diese nimmt beinahe die gleiche Konformation wie die gesättigten Ketten ein und hat dementsprechend einen wesentlich höheren Smp.. Dies soll der folgende Versuch demonstrieren:

#### V 4: Radikalkatalysierte cis-trans-Umlagerung von cis-Octadecen-(9)-säure in trans-Octadecen-(9)-säure (Ölsäure in Elaidinsäure)

In einem Reagensglas schüttelt man 5 ml flüssige Ölsäure mit 10 ml gesättigter Natriumnitritlsg. (9 g  $\text{NaNO}_2$  in 10 ml  $\text{H}_2\text{O}$  lösen; unter Schütteln auf auf  $40^{\circ}\text{C}$  erwärmen, klare Lösung auf Zimmertemperatur abkühlen) und einigen Tropfen 10%iger Schwefelsäure. Nach einiger Zeit bildet sich eine feste Substanz.

Die Schwefelsäure setzt aus  $\text{NaNO}_2$  Salpetrige Säure frei. Diese zerfällt zum größten Teil sofort in Stickoxide ( $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}$ ) und Wasser. Unter Einwirkung der  $\text{NO}$  - Radikale wird die  $\pi$  - Bindung der cis-Octadecen-(9)-

säure gespalten und eine Drehung um die  $\delta$  - Bindung ermöglicht. Bei Abspaltung des Stickoxides erhält man die trans - Form, die höher schmelzende Elaidinsäure.

Reaktionsgleichungen und Reaktionsmechanismus siehe Folie 7.

Der Verlauf der cis-trans-Umlagerung ist umkehrbar. Es stellt sich ein Gleichgewicht ein, das zu etwa 66% auf Seiten der sterisch begünstigten Elaidinsäure liegt.

Von praktischer Bedeutung ist die Beeinflussung des Smp. besonders durch Hydrierung der Doppelbindung, wodurch wiederum Glyceride mit gesättigten Säureresten erhalten werden. Auf dieser sogenannten Fetthärtung beruht die Margarineherstellung.

### Jodzahl von Fetten

Ein Maß für den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren in einem Fett oder Öl ist die sogenannte Jodzahl. Sie gibt an, wieviel g Jod von 100 g Fett durch Anlagerung an die Doppelbindungen aufgenommen werden. Da ungesättigte Verbindungen nur schlecht Jod direkt addieren, läßt man Brom einwirken und benutzt zur Berechnung der Jodzahl die dem addierten Brom äquivalente Menge Jod.

### V 5: Bestimmung der Jodzahl von Butter und Olivenöl (Margo)

In einen 100 ml Erlenmeyerkolben werden 2 ml einer Lösung von Butter bzw. Olivenöl in  $\text{CCl}_4$  (Verd. 1:20) einpipettiert und mit 4 ml Winklerscher Lösung (5,5 g  $\text{KBrO}_3$  + 20 g  $\text{KBr}$  zu 1 l lösen) aus der Bürette versetzt. Nach Zugabe von 2 ml  $\text{HCl}$  (10%) wird der Kolben schnell fest verschlossen und einige Minuten geschüttelt. Durch das beim Ansäuern freigesetzte Brom färbt sich die Mischung gelb. Der Stopfen wird einen Moment entfernt, eine Spatelspitze  $\text{KJ}$  hinzugefügt, erneut umgeschwenkt und mit 0,1 N Thiosulfatlösung titriert.

Salzsäure setzt Brom frei. Das bei der Addition nicht verbrauchte Brom (erkennbar an der Gelbfärbung der Lösung) oxidiert eine äquivalente Menge Jodid zum Jod, das nun mit einer 0,1 N Thiosulfatlösung + Stärke bis zum Umschlag von blau (Jod-Stärke-Komplex) nach farblos titriert wird.

Um die vom Fett addierte Menge Brom zu erhalten, führt man einen Blindversuch durch, indem man die Winklersche Lösung allein mit Salzsäure und  $\text{KJ}$  umsetzt und die freigesetzte Jodmenge durch Titration bestimmt.

Aus der Differenz der für den Leerwert verbrauchten Menge an Thiosulfatlösung und der für den Hauptversuch verbrauchten Menge an Thiosulfatlg. multipliziert mit 12,69 ergibt sich die Jodzahl für das betreffende Fett.

Reaktionsgleichungen und Ermittlung der Jodzahl siehe Folie 8 und 9.

Aus dem oben beschriebenen Versuch ergaben sich für Butter und Olivenöl

folgende Jodzahlen:

Butter: 32                      theoretischer Wert: 26 - 45

Olivenöl: 69                    theoretischer Wert: 74 - 94

Der Wert für das Olivenöl liegt etwas zu niedrig. Wahrscheinlich wurde nach Zugabe der HCl nicht lange genug geschüttelt. Trotzdem wird aus den Werten ersichtlich, daß Olivenöl wesentlich mehr ungesättigte Fettsäuren enthält als Butter.

#### " Trocknende " und " nichttrocknende " Öle

Öle mit hohem Gehalt an ungesättigten Fettsäuren, z.B. Leinöl können unter dem Einfluß des Luftsauerstoffs polymerisieren und untereinander vernetzt werden, so daß harte harzartige Produkte entstehen. Diese Öle werden als "trocknende" Öle bezeichnet und u.a. unter Pigmentzusatz als Ölfarben verwendet.

#### V 6: "Trocknende" und " nichttrocknende " Öle, Bsp: Leinöl - Olivenöl

Ein paar Tropfen Leinöl bzw. Olivenöl wurden auf je einem Objektträger ausgestrichen und mehrere Wochen an einem warmen Platz an der Luft stehengelassen. Nach einiger Zeit fing das Leinöl an zu polymerisieren, während das Olivenöl unverändert blieb.

Reaktionsmechanismus siehe Folie 10.

### III BIOLOGISCHE BEDEUTUNG UND VORKOMMEN DER FETTE UND FETTEN ÖLE

Die Fette und fetten Öle stellen neben den Kohlenhydraten und Eiweißen die dritte wesentliche Gruppe von Nahrungsmitteln dar. Ihr Energiegehalt ist besonders hoch; etwa doppelt so hoch wie der von Kohlenhydraten und Eiweißen.

Verbrennungswerte der Nährstoffe siehe Folie 11.

Nahrungsbedarf eines erwachsenen Menschen pro Tag siehe Folie 11.

Über den Normalbedarf hinaus aufgenommene Nahrungsstoffe werden größtenteils in Fett umgewandelt und als Reservestoffe in geeigneten Geweben abgelagert. Dort stellen sie aufgrund ihres hohen Energiegehalts hochwirksame Energiespeicher im lebenden Organismus dar. Die Fette und fetten Öle sind sowohl in Pflanzen als auch im Tierreich weit verbreitet.

In Pflanzen werden sie vor allem in Samen (Sojabohne, Leinsamen, Mohn, Rizinussamen, Nüsse, Sonnenblumenkerne) und in Früchten (Oliven, Avocados) gespeichert. Im Tierreich kommen sie als Speicherfett als mehr oder weniger dickes Unterhautfettgewebe bei fast allen Tieren vor. Zusätzlich dient das Fett im tierischen Organismus zur Wärmeisolierung und besitzt Schutzfunktion für empfindliche Organe wie Nieren und Augen.

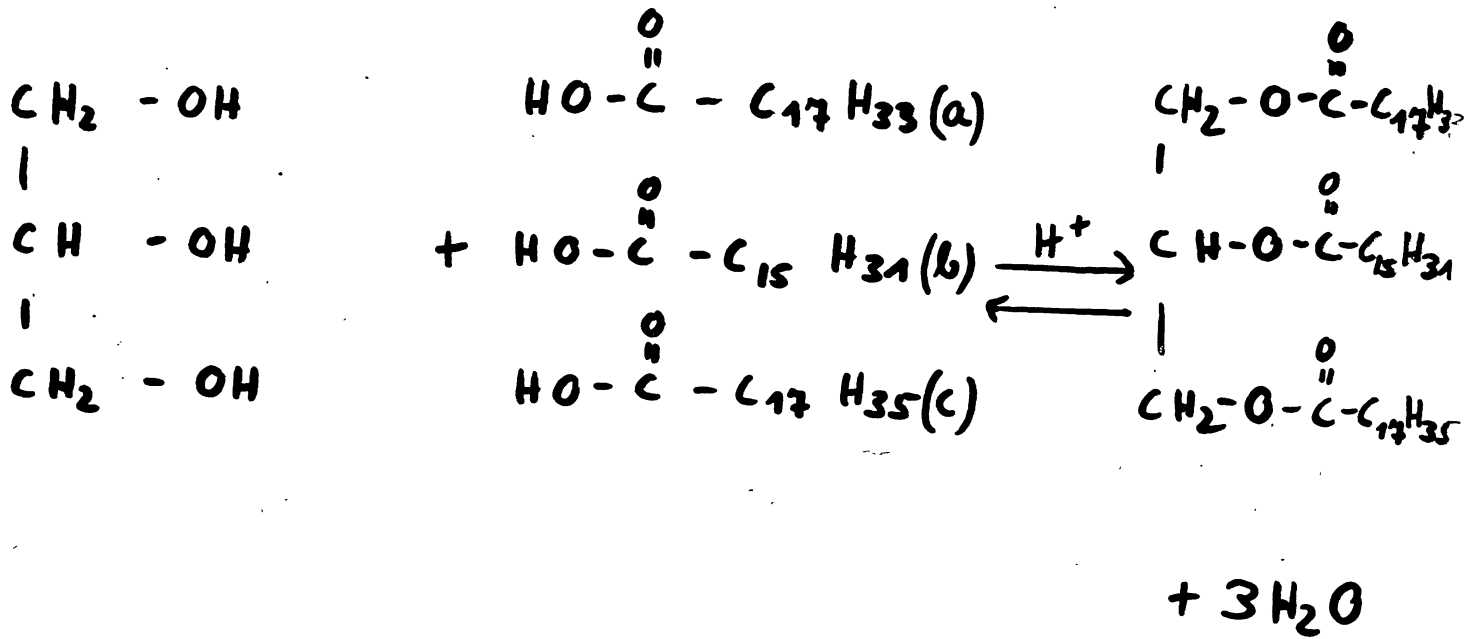
Fettgewinnung: Tierisches Fett wird durch Ausschmelzen von Speck (Schmalz, Tran) oder durch Schlagen des Milchrahms (Butter) gewonnen. Pflanzliche Fette und Öle gewinnt man durch Auspressen der Samenkerne oder durch Extrahieren mit fettlösenden Substanzen.

## L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Arndt, Halberstadt : Grundzüge der Chemie, Verl. Diesterweg, 1978
2. Bukatsch, Glöckner : Experimentelle Schulchemie, Organische Chemie 2
3. Christen : Organische Chemie, Struktur, Stoff , Reaktion , 1976
4. Cuny, Weber: Chemie, Welt der Stoffe, Schroedel Verlag 1975
5. Franke: Nutzpflanzenkunde, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1976
6. Gmelins Handbuch, 8. Auflage, Kupfer Teil B
7. Grothe: Chemie, Schroedel Verlag 1976
8. Henninger, Franck: Lehrbuch der Chemie, Klett verlag, Stuttgart 1977
9. Karlson: Biochemie, 9. Auflage, Georg Thieme Verlag 1974
10. Kemper, Greb, Quinzler: Chemie B, Klett Verlag Stuttgart 1971
11. Lehninger: Biochemie, Verlag Weinheim 1975
12. Löwe: Biochemie, C.C. Buchners Verlag, Bamberg 1976
13. Organikum: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1977
14. Pilhofer, W.: Biochemische Grundversuche, Praxis- Schriftenreihe  
Chemie, Aulis Verlag
15. Kotter, L. : Fettnachweisreaktionen, Praxis der Naturwissenschaften,  
S. 234 - 237 (1974)
16. Rieck, Krämer: Chemie und Technik, Handwerk und Technik, 1975
17. Stapf, Hradetzky: Chemische Schulversuche, Bd. III, 1971

①

# Chemischer Aufbau der Fette



## Glycerin

Propantriol-(1,2,3)

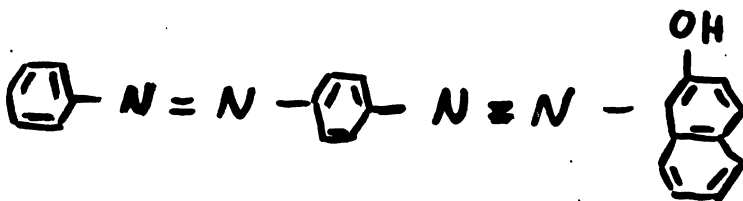
## Fettsäuren

- a) Olsäure
- b) Palmitins.
- c) Stearins.

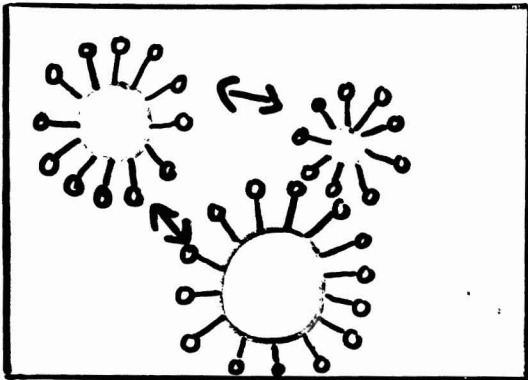
## Fett

Triglycerid  
neu: Triacylglycerin

## Sudan III

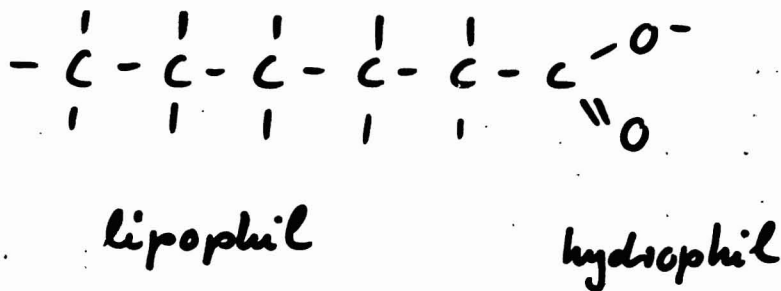


# Emulgierende Wirkung von Seife



- Fettropfen
- ⊙ Seifenmolekül
  - hydrophile COO-Gruppe
  - | lipophile Kohlenstoffkette

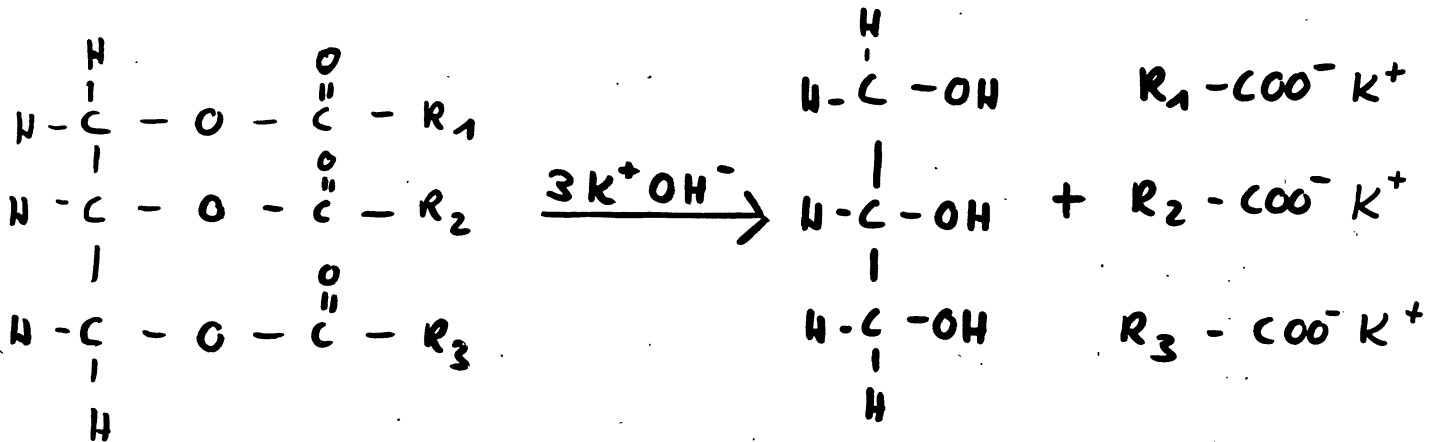
## Seifenmolekül



③

# Reaktionsablauf bei der basenind. Hydrolyse

## Schemagleichung

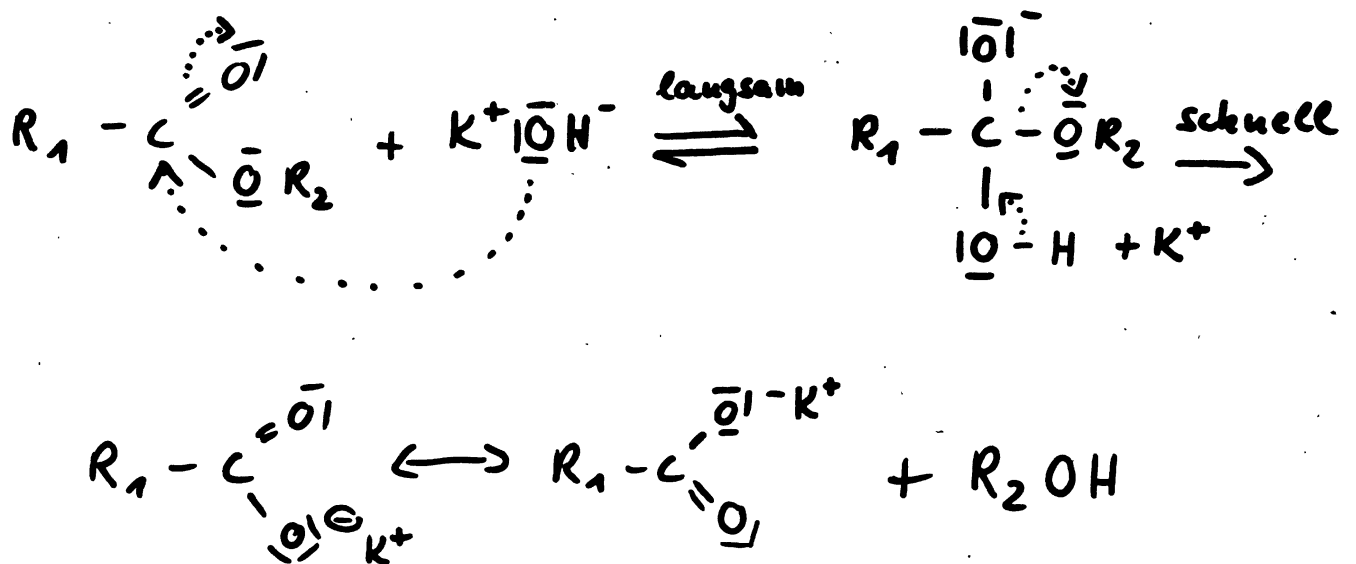


Fett  
Triacylglycerin

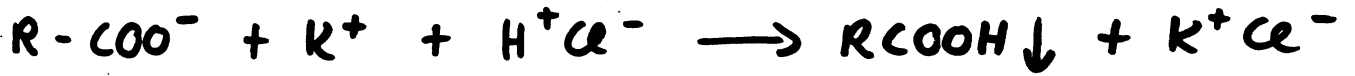
Glycerin

"Seife"  
Rekalisalz  
der Fetts.

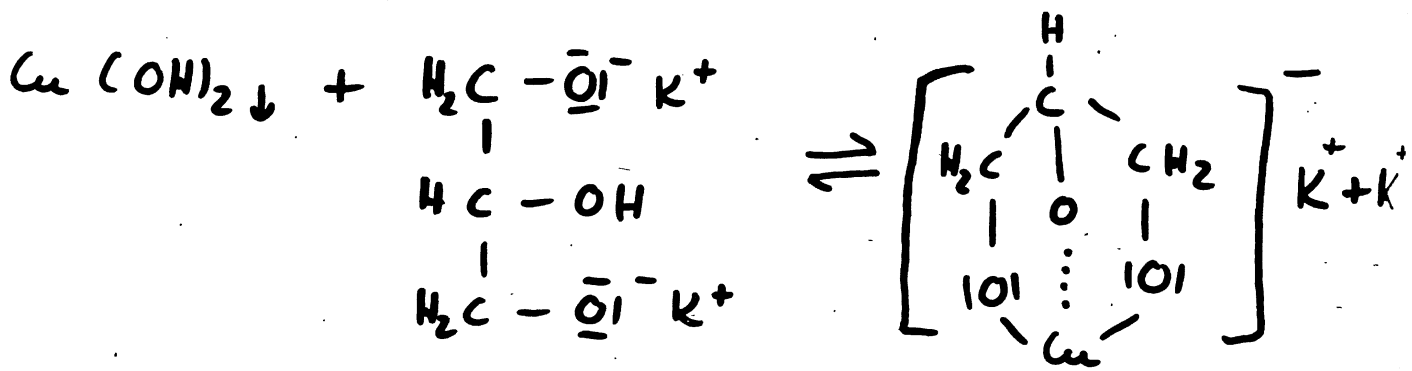
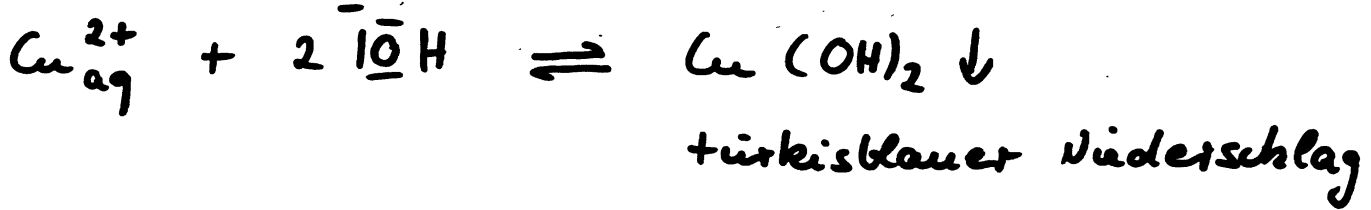
## Reaktionsmechanismus an Hand eines Monoglycerids



Nachweis der Fettsäuren



Nachweis des Glycerins



anionischer  
Cu-glycerin-  
Komplex  
→ blaue Lösung



6

Zusammensetzung einiger wirtschaftl. wichtiger Fette in Gewichts %

wichtiger Fette in Gewichts %

	P	St	Ö	L	and. FS	Schmelzb. °C
Kokosfett	4-10	1-5	2-10	0-2	Laurins. 45-54 Myristins. 17,5	23-28
Palmfett	34-43	3-6	38-40	5-11		27-30
Butter	23-26	10-13	30-40	4-5	Butters. 3-4	31-36
Schweineschmalz	28-30	12-18	41-48	6-7		36-42
Talg	24-32	14-32	35-45	2-4		42-49
Ricinusöl	0-1	-	0-9	3-7	Ricinsä. 80-98	
Olivenöl	5-15	1-4	69-80	4-12		-3-0
Maasidöl	6-9	2-6	50-70	13-26		
Rapsöl	0-1	0-2	20-38	10-15		
Baumwollsaamenöl	19-24	1-2	23-33	40-48		-2-3
Leinöl	4-7	2-5	9-38	3-43	Linolens. 25-58	(-20)-(-16)

P = Palmitinsäure

Ö = Ölsäure

St = Stearinsäure

L = Linolsäure

# Radikal-katalysierte cis-trans-Umlagerung

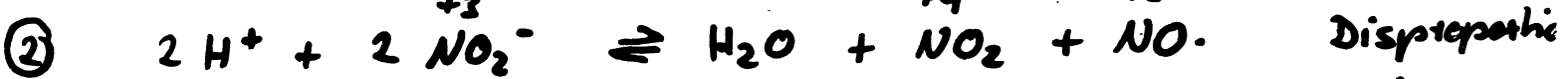
Von cis-Octadecen-(9)-säure in trans-Octadecen

(9)-säure (Ölsäure in Elaidinsäure)

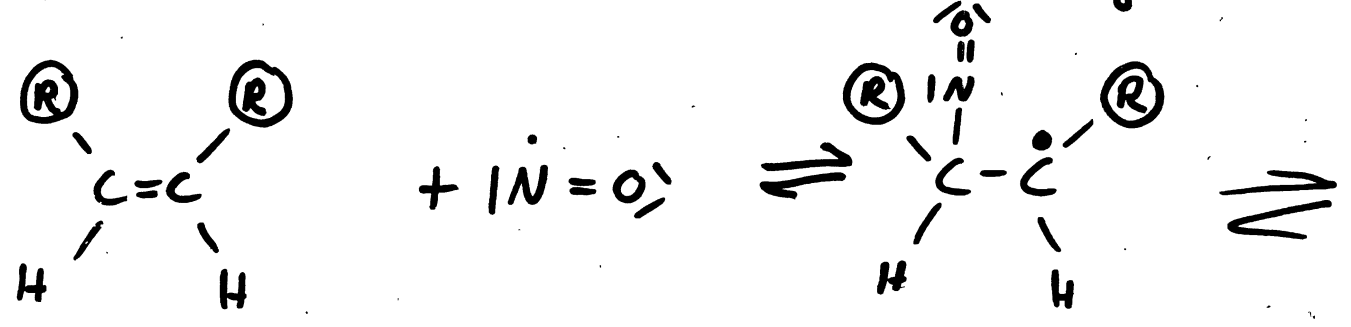
## Reaktionsgleichungen:



Salpetrige Säure



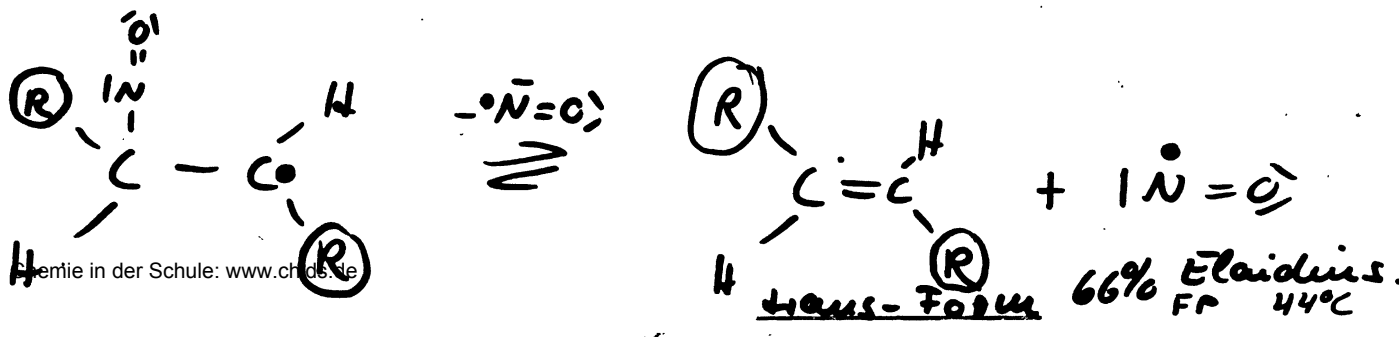
## Mechanismus der cis-trans-Umlagerung



cis-Form

34% Ölsäure

FP 13°C

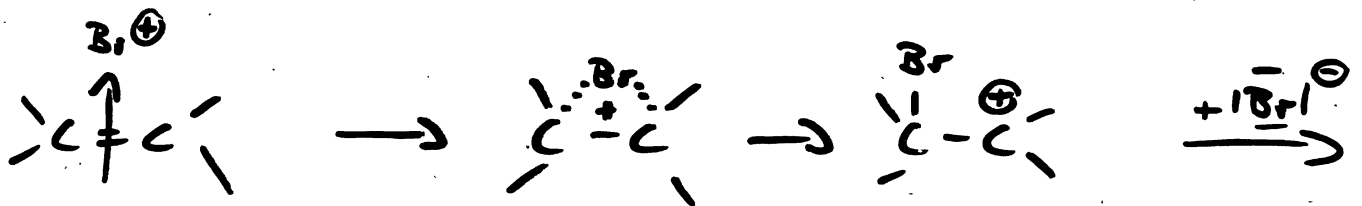
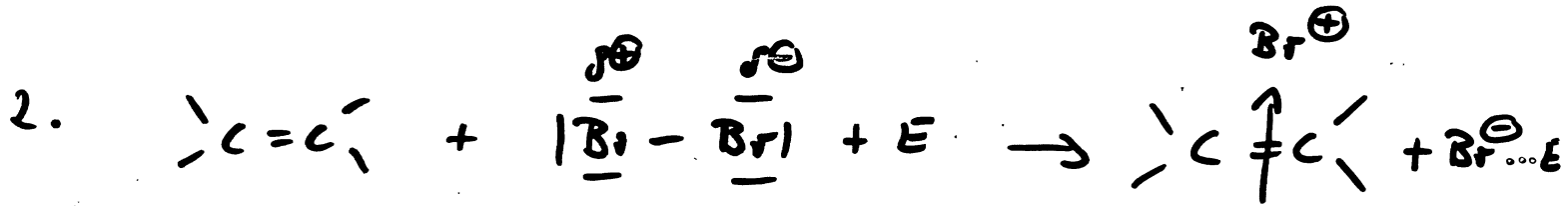
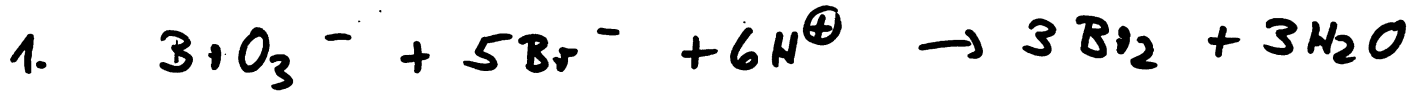


trans-Form

66% Elaidinsäure  
FP 44°C

# Bestimmung der Jodzahl

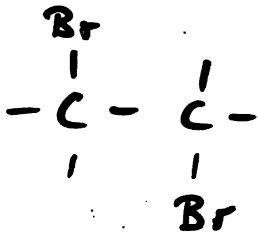
## Reaktionsgleichungen:



π-Komplex

Bromonium-  
ion

Carbenium-  
ion



bromierte Verb.

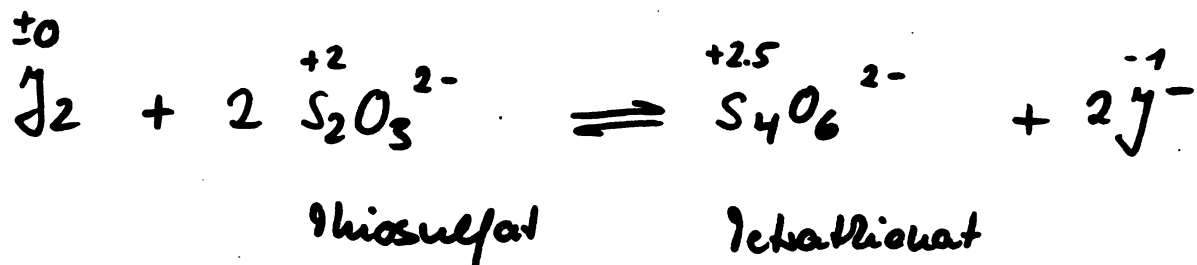


$E^\circ \text{Br}_2 / 2\text{Br}^- = +1.06 \text{ V}$

$E^\circ \text{J}_2 / 2\text{J}^- = +0.54 \text{ V}$

9

## Rücktitration des freien Jod (Jodometrie)



### Ermittlung der Jodzahl:

$$\text{Jodzahl} = \frac{100 \cdot 0,01269 (x-y)}{a}$$

x = die beim Blindversuch verbr. Menge an  
0.1 N Thiosulfatlsg in ml

y = die beim Versuch verbr. Menge an  
0.1 N Thiosulfatlsg. in ml

a = Fettmenge in g

$$1 \text{ ml } 0.1 \text{ N Thiosulfatlsg} \hat{=} 0.01269 \text{ g Jod}$$

$$\hat{=} 0.1 \text{ mmol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

$$\hat{=} 0.05 \text{ mmol I}_2$$

$$\hat{=} 0.01269 \text{ g Jod}$$

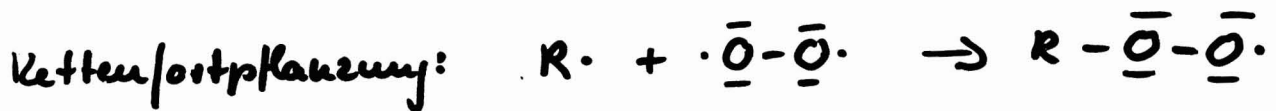
# Trocknende + nichttrocknende Öle

10

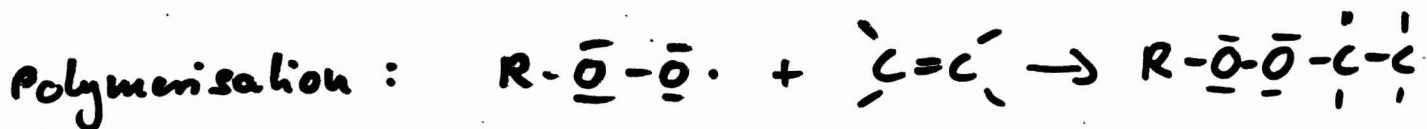
## Trocknungsprozess:

Radikalkettenreaktion

RH = Fettsäure



Hydroperoxid



Verbrennungswerte der Nährstoffe  
in KJ (kcal) / g

Fett	38,9 KJ (9,3 kcal)
Kohlenhydrat	17,2 " (4,1 ")
Eiweiß	17,2 " (4,1 ")

Nahrungsbedarf eines erwachsenen  
Menschen pro Tag

50 - 70 g Fett

60 - 80 g Eiweiß

400 - 500 g Kohlenhydrate