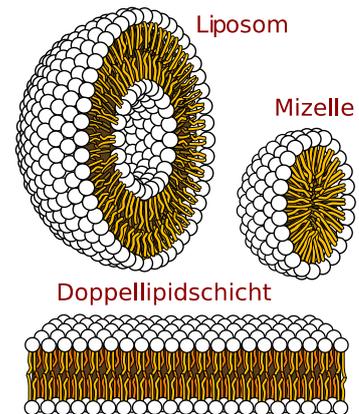


## 1. Triglyceride (Fette)

- 1.1 Beschreiben Sie mithilfe einer allgemeinen Strukturformel den chemischen Bau von Fetten.
- 1.2 Die Fettspaltung wird auch Hydrolyse genannt. Begründen Sie!
- 1.3 In der Werbung hört man häufig das Stichwort: „reich an mehrfach ungesättigten Fettsäuren“. Was ist damit gemeint? Erklären Sie durch Angabe eines entsprechenden Moleküls.
- 1.4 Enthält eine Suppe geringe Fettanteile, schwimmen diese häufig in Form von Fettaugen auf der Suppenoberfläche! Erklären Sie diese Beobachtung!
- 1.5 In einem künstlichen Fett kommt als langkettige Carbonsäure (Fettsäure) ausschließlich  $C_{15}H_{29}COOH$  (hier: Summenformel der freien Fettsäure) vor.
- Wie viel Doppelbindungen enthält die Fettsäure?
  - Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Herstellung des Fetts ausgehend von Propantriol.

## 2. Phospholipide

- 2.1 Geben Sie eine allgemeine Strukturformel eines Phospholipids mit den organischen Fettsäureresten als „R“ an.
- 2.2 Gibt man Phospholipide in Wasser, können die rechts gezeigten Strukturen entstehen.
- Erklären Sie, weshalb diese Anordnungen in Wasser sinnvoll sind.
  - Liposomen können genutzt werden, um hydrophile Stoffe in das Zellinnere zu schleusen (*Liposom-Transfektion* oder *Lipofektion*). Begründen Sie, was hierbei mit der Liposomenhülle passiert.



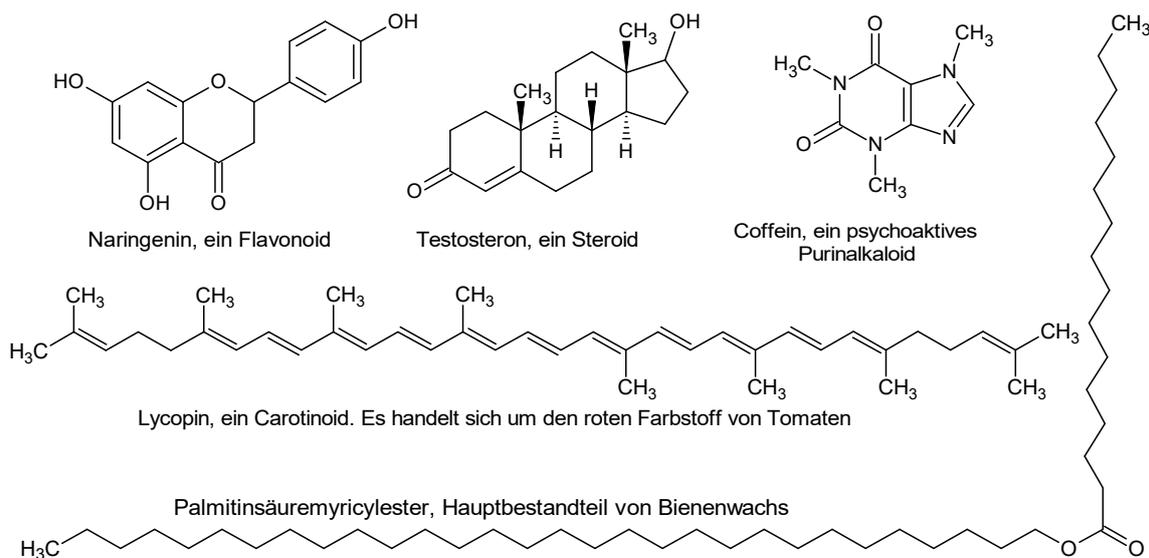
Quelle: Wikimedia Commons. Autor: LadyoffHats

## 3. Weitere Lipidgruppen

3.1 Der Begriff *Lipid* ist sehr weit gefasst. Es handelt sich um eine Sammelbezeichnungen für ganz oder zumindest größtenteils wasserunlösliche (hydrophobe) Naturstoffe, die sich aufgrund ihrer geringen Polarität sehr gut in hydrophoben (beziehungsweise lipophilen) Lösungsmitteln wie Hexan lösen.

Geben Sie, diese Definition beachtend, an, welcher der unten aufgeführten Gruppen zu den Lipiden zu rechnen sind.

Dargestellt ist eine Strukturformel jeweils eines typischen Vertreters.

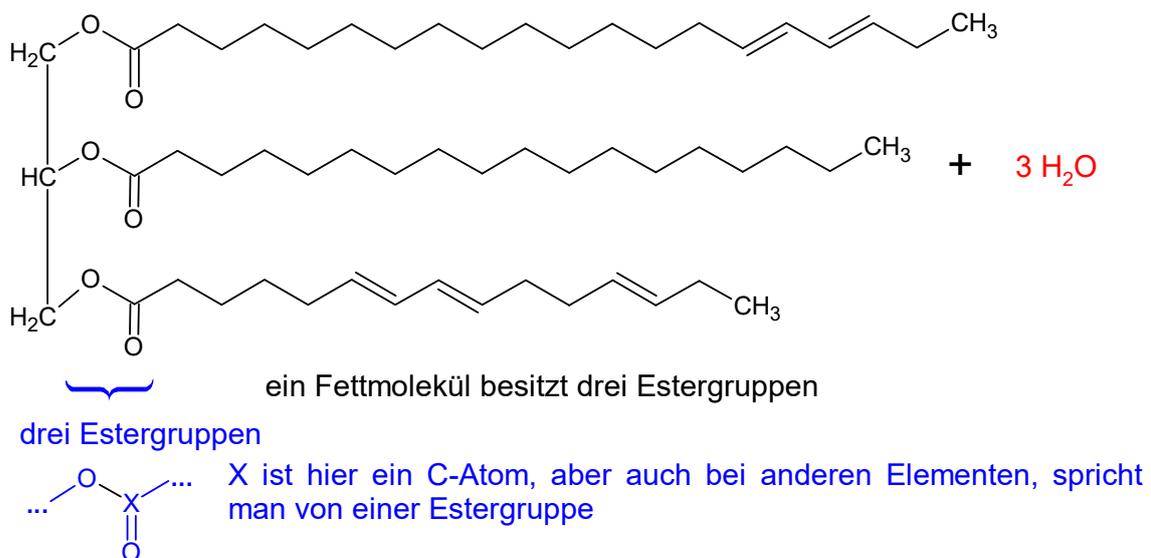
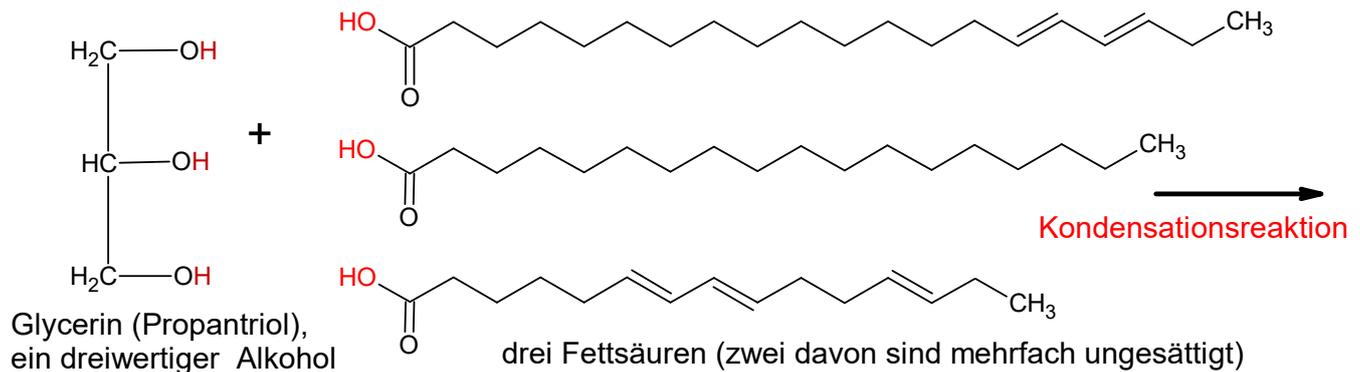


# Lösungen

**Vorbemerkung:** Die Antworten sind aus didaktischen Gründen viel länger als z.B. in einer Klassenarbeit erwartet. So soll der Lerneffekt maximiert werden.

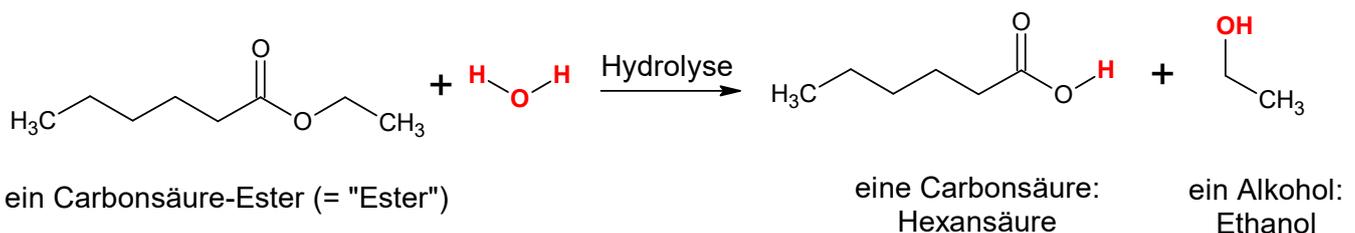
## 1.1

Fette entstehen durch eine Kondensationsreaktion zwischen dem dreiwertigen Alkohol Glycerin (weil es gleich drei OH-Gruppen trägt) mit drei langkettigen Carbonsäuren. Langkettige Carbonsäuren werden auch *Fettsäuren* genannt (weil sie ja in Fetten vorkommen). Eine Kondensationsreaktion ist eine Verknüpfung von Molekülen unter Abspaltung einer niedermolekularen Substanz, meist  $\text{H}_2\text{O}$ .



## 1.2

gr. „hydro“ = Wasser    gr. „Lyse“ = Spaltung    Hydrolyse = Spaltung unter dem Einfluss des Wassers.  
 Alle Estergruppen können durch Wasser gespalten werden. Beispiel für die Hydrolyse eines Carbonsäureesters



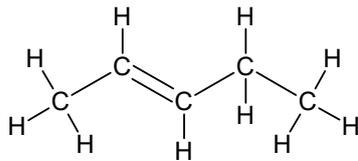
Zusätzliche Bemerkungen: Die Hydrolyse eines Carbonsäureesters in Wasser verläuft bei Raumtemperatur nicht spontan bzw. braucht zum Abschluss viele hunderte Jahre. Damit die Reaktion überhaupt in nennenswertem Umfang

in einigen Minuten abläuft, muss man den Ester schon lange Zeit mit heißem Wasserdampf behandeln ODER man nutzt Katalysatoren, die die Hydrolyse beschleunigen, z.B. Enzyme der Gruppe der Esterasen oder Säuren oder Basen.

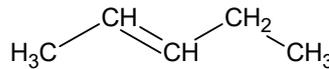
Die gleiche Reaktion läuft auch bei Fetten ab. Bei der vollständigen Hydrolyse werden alle drei Fettsäuren (=langkettige Carbonsäuren) vom Alkoholanteil (Propantriol) abgespalten. Es entstehen drei freie Fettsäuren und Propantriol (Glycerin). Es handelt sich genau um die Umkehrung der Fettbildung (*siehe Antwort zu 1.1*). Es läuft die Reaktionsgleichung der Fettbildung statt, diesmal aber von rechts nach links gelesen (*siehe Antwort 1.1, Reaktionsgleichung*)

1.3

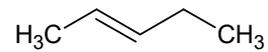
Allgemein handelt es sich um ungesättigte C-Atome um solche, die nicht mit 4 Bindungspartnern verbunden sind. Ein allgemeines Beispiel für eine solche ungesättigte Verbindung ist Pent-2-en:



Ausführliche Strukturformel von Pent-2-en (*hier in der trans Anordnung - siehe unten*)

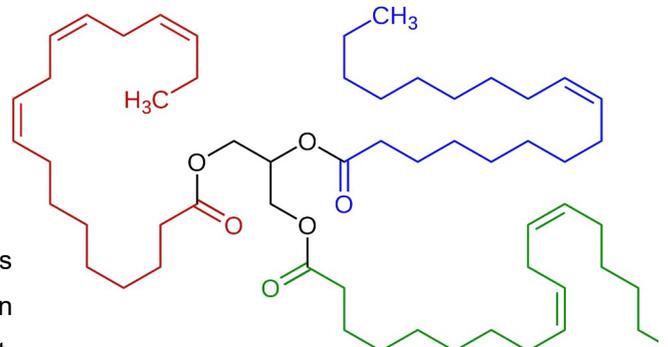


Halbstrukturformel von *trans*-Pent-2-en



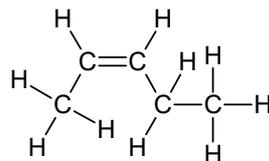
Skelettformel von *trans*-Pent-2-en

Die Kohlenwasserstoffanteil eines in einem Fett gebundenen Fettsäure kann auch C=C-Doppelbindungen enthalten. Dann spricht man von einer **ungesättigten Fettsäure**. Fettsäuren, die an mehreren Stellen C=C-Doppelbindungen besitzen, heißen *mehrfach ungesättigte Fettsäuren*. Sie sind ernährungsphysiologisch wertvoll, weil sie der Körper selbst häufig nicht synthetisieren kann.



Beispiel: Ein Triglycerid-Molekül (Fettmolekül), dargestellt als Skelettformel, mit drei ungesättigte Fettsäuren. Zwei davon sind mehrfach ungesättigt:

zusätzliche Bemerkungen: Bei natürlichen Fettsäuren ist es meistens so, dass die C-Kette an der Doppelbindung auf der gleichen Seite weitergeht. So entsteht an den C=C-Doppelbindungen ein obligatorischer Knick. Diese Anordnung mit Knick wird auch *cis*-Konfiguration oder *cis*-Anordnung genannt. weiteres Beispiel einer ungesättigten Verbindung mit einem solchen Knick: *cis*-Pent-2-en:



Gegenbeispiel für eine Verbindung, die keinen solchen Knick an der C-C-Doppelbindung aufweist, ist das *trans*-Pent-2-en (*siehe Strukturformel oben*)

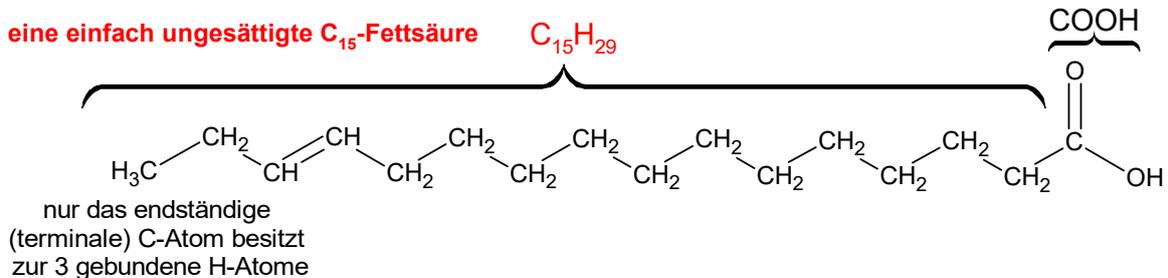
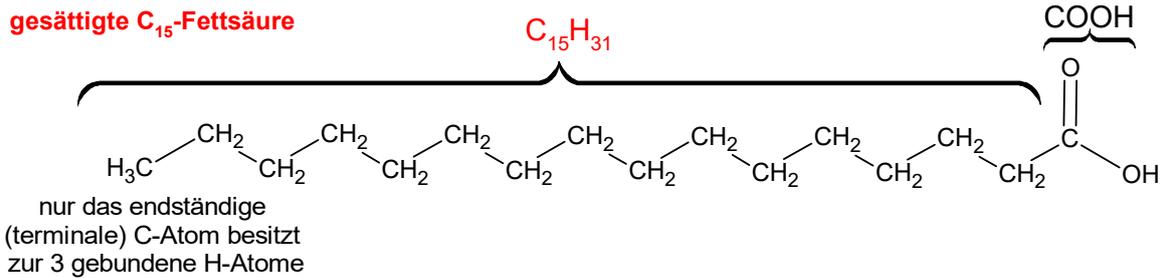
1.4

Fette sind aufgrund ihrer großen Kohlenwasserstoffanteile stark lipophil. Sie sind unpolar und lösen sich gut mit anderen Fetten und unpolaren Lösungsmitteln. Der Ausdruck lipophil (gr. „lipos“ = Fett, gr. „phil“ = bevorzugend oder liebend) leitet sich ja sogar von den Fetten ab.

Mit Wassermolekülen können die Fette kaum bindende Wechselwirkungen eingehen. Die Moleküle bleiben deshalb lieber unter sich, weil zu einander stärkere bindende Wechselwirkungen eingehen: Fettmoleküle umgeben sich bevorzugt mit anderen lipophilen Stoffen, z.B. Lösungsmittelmolekülen unpolarer Lösungsmittel oder Fettmolekülen. So kommt es, dass sich Wasser und Fett nicht mischt. Da das Fett eine geringere Dichte hat, schwimmt es oben auf dem Wasser (nicht umgekehrt)

1.5

Anhand der Summenformel kann man nachzählen, ob die H-Atomzahl zu einer ungesättigten Fettsäure passt:

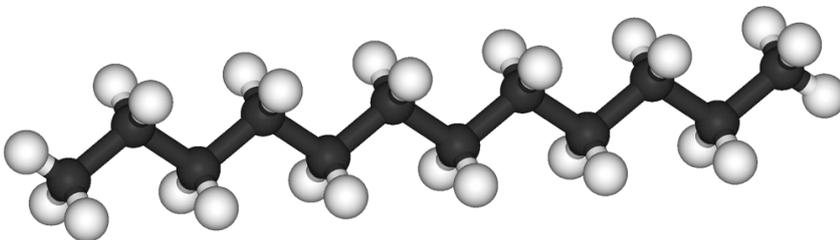


Da die Summenformel C<sub>15</sub>H<sub>29</sub>-COOH lautet, muss es sich um eine einfach ungesättigte Fettsäure handeln. Eine doppelt ungesättigte Fettsäure hätte C<sub>15</sub>H<sub>27</sub>-COOH als Summenformel, eine dreifach ungesättigte Fettsäure C<sub>15</sub>H<sub>25</sub>-COOH.

b) siehe 1.1 nur eben mit anderen Fettsäuren. Man kann die KW-Reste mit „C<sub>15</sub>H<sub>29</sub>“ abkürzen, um sich die langen zickzack-Ketten zu sparen.

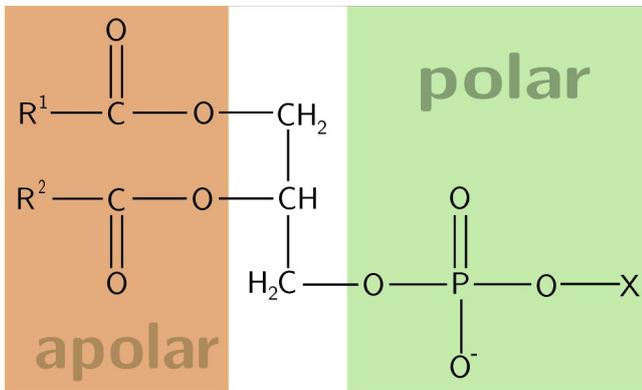
**Warum sind eigentlich die C-Ketten häufig zick-zack-förmig gezeichnet?**

Das muss nicht sein, wird aber häufig so dargestellt. Mit der zick-zack-Form (vor allem in der Skelettformel), kann man den wahren Bindungswinkel gesättigter KW andeuten:

Kugel-Stab-Modell des C<sub>12</sub>-Alkans (Dodecan)

Jedes C-Atom ist tetraedrisch von seinen 4 Bindungspartnern umgeben. Es ergibt sich deshalb eine zick-zack-Kohlenstoffkette

2.1



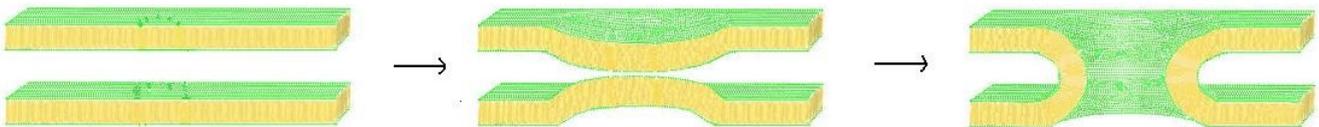
Im Gegensatz zu den Triglyceriden sind bei den Phospholipiden am Propantriol nur 2 Fettsäuren angeestert. An der 3. Stelle ist statt dessen eine Phosphatgruppe angeestert. Die Phosphat-Gruppe kann als „X“ verschiedene Gruppen enthalten, im einfachsten Fall ist  $X = H$ . Ob an dem einen O-Atom der Phosphatgruppe ein die negative Ladung auftritt (wie in der Abb.) oder eine OH-Gruppe, hängt von der  $H^+$ -Konzentration des Mediums bzw. dem pH-Wert ab.

Abb.: Allgemeine Strukturformel der Phosphoglyceride (zu den Phospholipiden). Quelle: Wikimedia Commons. Autor: Lennert B

## 2.2

a) In jedem Fall werden die lipophilen (hydrophoben) Schwänze vor Kontaktflächen mit Wasser geschützt. In den dargestellten Strukturen treten sie nur mit ihresgleichen in Kontakt. Sie können van-der-Waals-Kräfte ausbilden. In allen drei Strukturen werden dem Wasser die hydrophilen Köpfe (Phosphatgruppen) zugewandt.

b) Ein Liposom hat den gleichen Aufbau wie die Vesikel innerhalb von Zellen. Das Innere wird durch eine Lipiddoppelschicht begrenzt. Die Liposombegrenzung („Membran“) kann mit der Zellmembran (bilayer) verschmelzen. Die Phospholipid-Doppelschicht wird Bestandteil der Biomembran:



Quelle: Wikimedia Commons. Autor: ?

## 3.1

Lipide besitzen in jedem Fall stark ausgeprägte, unpolare Kohlenwasserstoffanteile. Sauerstofffunktionen spielen, wenn überhaupt vorhanden, eine mengenmäßig stark untergeordnete Rolle spielen. Zu den Lipiden gehören

- **Steroide:** Zwar besitzen viele Steroide auch Sauerstofffunktionen, sie spielen aber eine sehr untergeordnete Bedeutung, weil der Kohlenwasserstoffanteil überwiegt.
- **Carotinoide:** Zu dieser Gruppe gehören zwar auch einige mit Sauerstoffanteil, die unpolaren Eigenschaften sind aber im Vergleich dazu viel viel stärker.
- **Wachse:** Das sind Carbonsäureester extrem langer Carbonsäuren (wie Fettsäuren, nur noch länger: auch Wachssäuren genannt) mit langkettigen Alkoholen. Man beachte, dass hier nur aus formatierungsrechtlichen Gründen, das Wachsmolekül gewinkelt gezeichnet wurde. An C-C-Einfachbindungen gilt sowieso freie Drehbarkeit: Sie können solche Moleküle linear, gewinkelt oder als irgendein Knäuel darstellen.

**Nicht** zu den Lipiden gehören:

- Flavonoide: Der abgebildete Vertreter besitzt zahlreiche Sauerstofffunktionen, die die Stoffeigenschaften, insbesondere auch den hydrophilen Charakter beeinflussen.
- Purinalkaloide gehören auch nicht zu den Lipiden, weil sie nur einen geringen Kohlenwasserstoffanteil besitzen.