

# FWU – Schule und Unterricht / Arbeitsvideo

VHS 42 02894 21 min, Farbe



Biomoleküle

## **Fette**

**Arbeitsvideo** / 4 Kurzfilme

FWU –  
das Medieninstitut  
der Länder



## Lernziele

Den Schülern ist die Bedeutung der Fette in der Natur bewusst. Sie lernen Glycerin und Fettsäuren als Bausteine der Fette kennen und sind mit deren Nomenklatur vertraut. Die Begriffe „gesättigte“ und „ungesättigte Fettsäuren“ werden verstanden. Die Schüler können die Chemie der Kondensation zu und der Hydrolyse von Fetten nachvollziehen. Sie haben einen Überblick über die verschiedenen Aggregatzustände von Fetten und kennen die chemische Ursache hierfür.

## Vorkenntnisse

Für den Kurzfilm 1 sind keine chemischen Vorkenntnisse erforderlich, es wäre hilfreich, wenn der Aufbau einer Zelle (Zellmembran) bekannt wäre. Kurzfilm 2 und 3 setzen die Kenntnis der Nomenklatur und des Baus der Alkane, Alkene, Alkohole und Carbonsäuren voraus. Kurzfilm 4 kann zwar auf der Grundlage einfacher chemischer Kenntnisse verstanden werden (Molekül, Einfach- und Doppelbindung), es werden aber Fachbegriffe aus den vorhergehenden Kurzfilmen dieser Kassette verwendet und für ein tiefergehendes Verständnis vorausgesetzt.

## Zum Inhalt

### 1 Bedeutung der Fette

Das Wort „Fett“ ist in unserem Sprachgebrauch meist negativ belegt. Dabei spielen Fette in der Natur eine wichtige Rolle in ver-

schiedenen Bereichen: Als Energiespeicher, zur Wärmeisolation, als Stoßdämpfer, als Baustein von Zellmembranen und als Lösungsmittel für bestimmte Vitamine.

Tiere, die Winterschlaf halten, wie der Igel, speichern die Energie zum Überleben in ihrem „Winterspeck“. Fette haben dabei gegenüber der Stärke, dem häufigsten Energiespeicher der Pflanzen, den Vorteil, dass pro Gewichtseinheit doppelt so viel Energie gespeichert werden kann. Der Film macht dies an Beispielen aus dem Leben der Pflanzen und der Vögel anschaulich.

Was macht das Fett zu einem idealen Energiespeicher?

In einer Animation wird gezeigt, dass die Bausteine des Fettes große Moleküle sind, bei deren Abbau Energie frei wird. Ihre langen geraden Kohlenwasserstoffketten ziehen sich gegenseitig über Van-der-Waals-Kräfte an. So entsteht eine dichte Packung, das heißt, viel Energie kann auf wenig Raum untergebracht werden.

Die wichtige Rolle, die Fett als Wärmeisolator und Stoßdämpfer für viele Tiere spielt, wird mit den ansprechenden Aufnahmen aus dem Leben eines Robbenbabys und der Eisbären verdeutlicht.

Inhaltsverzeichnis und Zeitangaben	min/sec	Zählerstand
0 Ende FWU-Sigel	00:00	
1 Bedeutung der Fette	00:31	
2 Bausteine der Fette	06:42	
3 Verknüpfung der Bausteine zu Fetten	13:14	
4 Feste und flüssige Fette	16:46	

Bei Kassetten im Schularchiv können die Zählwerksangaben des verwendeten Rekorders eingetragen werden.

Alle Lebewesen sind aus Zellen aufgebaut. Die Membranen werden von Molekülen gebildet, die sich aus den Fettmolekülen ableiten. Eine Animation zeigt schematisch den Aufbau einer Biomembran. Andere Biomoleküle wie Farbstoffe, Hormone und Transportmoleküle werden vom Körper ebenfalls aus Fett hergestellt.

Schließlich kehrt der Film zum Igel zurück, der mit seinem Futter auch Vitamine aufnimmt. Einige davon sind nur in Fetten löslich und können daher nur zusammen mit ihnen aufgenommen werden. Fette sind also nicht etwas, was man vermeiden sollte, sondern sind für das Leben unverzichtbar.

## 2 Bausteine der Fette

Mit Hilfe von grafischen Animationen erläutert dieser Film die Chemie der Fette.

Die im Modell dargestellten Fettmoleküle sind aus vier kleineren Molekülen, dem Glycerin und den drei Fettsäuren aufgebaut. Es wird aus dem Gesamtmolekül zunächst das Glycerin hervorgehoben.

Glycerin ist ein dreiwertiger Alkohol. Seine genaue Bezeichnung lautet 1,2,3-Propantriol. Es hat also drei Hydroxy-Gruppen, die mit Wassermolekülen Wasserstoffbrücken ausbilden können, weshalb Glycerin gut wasserlöslich ist.

Die zweidimensionale Darstellung des Glycerins wird thematisiert und die eigentlich tetraedrische Anordnung der vier Bindungspartner eines Kohlenstoff-Atoms angesprochen und gezeigt.

Ausgehend von der anfänglichen Darstellung des gesamten Fettmoleküls wird nun eine Fettsäure herausgegriffen. Ihr Aufbau wird erläutert und die Carboxygruppe wird als funktionelle Gruppe der organischen Säuren

vorgestellt. Als Beispiele werden die Stearin- und die Palmitinsäure angeführt, dabei wird auf die Geradzahligkeit der C-Atome, die Ursache hierfür und die jeweiligen chemischen Formeln eingegangen. Der Begriff der „gesättigten Fettsäure“ wird eingeführt und erläutert.

Als ungesättigte Fettsäuren werden die Ölsäure, die Linolsäure und die Linolensäure vorgestellt. An den Moleküle-Modellen ist der räumliche Bau gut zu erkennen: Durch die cis-Konfiguration der Doppelbindungen sind die Ketten jeweils an dieser Stelle geknickt. Abschließend wird deutlich gemacht, dass bestimmte (essentielle) Fettsäuren nicht selbst hergestellt werden können sondern mit der Nahrung aufgenommen werden müssen.

## 3 Triacylglyceride: Kondensation und Hydrolyse

Dieser Film zeigt mit Hilfe von Animationen zunächst die Verknüpfung von Glycerin und Fettsäuren zu Triacylglycerid durch Kondensation und dann den bei der Verdauung im Körper ablaufenden Abbau durch Hydrolyse in vereinfachter Form. Dabei wird die aktuell international gültige Nomenklatur eingeführt.

Das Schwein nimmt mit der Nahrung Nährstoffe auf, aus denen es Fett synthetisiert, das es in seinem Körper als Energiereserve einlagert. Stark vereinfacht verbindet sich dabei jeweils eine Hydroxy-Gruppe des Glycerins mit einer Carboxy-Gruppe einer Fettsäure. Dabei wird ein Wassermolekül frei, weshalb man diese Reaktion auch Kondensation nennt. Das Produkt dieser ersten Kondensationsreaktion ist ein Ester, genauer ein Monoacylglycerid. Die Veresterung wird in einer Animation gezeigt, bei der die Abspaltung des Wassers deutlich wird.

Verbinden sich noch zwei weitere Fettsäuren mit den freien Hydroxy-Gruppen, so ist ein

Fettmolekül entstanden, das als Triacylglycerid bezeichnet wird und nun wasserunlöslich und so speicherbar ist.

Im Dünndarm des Schweins findet der Abbau von Fetten aus der Nahrung statt. Die aufgenommenen Fettmoleküle werden unter Mithilfe von Lipasen in ihre Bestandteile Glycerin und Fettsäuren gespalten: Um die Esterbindung aufzubrechen, wird pro Esterbindung ein Molekül Wasser benötigt - insgesamt also drei pro Fettmolekül. Diese Spaltung durch die Einbindung von Wasser nennt man Hydrolyse. Die freigesetzten Bausteine Glycerin und Fettsäuren werden durch die Darmwand ins Blut transportiert.

#### 4 Feste und flüssige Fette

Fette, die in der Natur vor allem als Energiereserve dienen, sind keine Reinstoffe, sondern Gemische aus unterschiedlichen Fettmolekülen. Sie sind arttypisch zusammengesetzt, wobei die von Tieren meist fest und die der Pflanzen eher flüssig sind. Wie kommt es zu diesem Unterschied?

In tierischen Fetten findet man vorwiegend gesättigte Fettsäuren. In der Animation ist zu sehen, wie die geradlinigen Kohlenwasserstoffketten des Tristearins aus dem Rindertalg sich eng zu einer kristallinen Struktur zusammenlagern können. Zwischen den Ketten wirken Van-der-Waals-Kräfte. Die meisten pflanzlichen Fette sind flüssig. Man spricht von fetten Ölen, um sie von den Mineralölen oder den etherischen Ölen zu unterscheiden. In der Animation ist zu sehen, dass die Fettsäuren durch die Doppelbindungen gewinkelt sind, und sich somit kein geordnetes Gitter ausbilden kann. Die Van-der-Waals-Kräfte wirken nur an wenigen Stellen, die Moleküle bleiben leicht gegeneinander verschiebbar und bilden bei Raumtemperatur eine Flüssigkeit.

Es werden Lachse gezeigt, aus deren Fett Lebertran gewonnen wurde, der wegen seines hohen Gehalts an mehrfach ungesättigten, essentiellen Fettsäuren und fettlöslichen Vitaminen als wertvolle Nahrungsergänzung galt.

### Zusätzliche Information

#### Nomenklatur

In den Filmen wurde die zur Zeit international gültige Nomenklatur aufgegriffen. In älteren (Schul)büchern findet man die Bezeichnungen Mono-, Di- oder Triglyceride für das ein-, zwei- oder dreifach veresterte Glycerin. Unter „Glycerid“ wird dabei die Glycerin-Komponente der Verbindung verstanden. Heute spricht man auch im deutschsprachigen Raum (und trotz Rechtschreibreform) von Monoacyl-, Diacyl- und Triacylglyceriden. Den Schülern wird in der neueren Literatur diese Nomenklatur begegnen. Nicht zuletzt macht dieser Name mit der Einbindung der Acylgruppe

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1\text{-C-R}_2 \end{array}$$
 auf das bei Kondensation und Hydrolyse aktive chemische Zentrum aufmerksam.

Der im englischen Sprachgebrauch verbreitete und nomenklatorisch exaktere Name „Glycerol“ wurde nicht verwendet, da er sich in Deutschland auch in der wissenschaftlichen Literatur und Sprache nicht durchgesetzt hat.

#### Laborchemie versus Körperchemie

Im Unterricht wird die saure, häufiger noch die alkalische Hydrolyse (Verseifung) der Fette durchgeführt und besprochen. Die saure Hydrolyse der Fette steht bekanntlich im Gleichgewicht mit der Gegenreaktion, der Veresterung - die Säure katalysiert beide Reaktionen.

Im Körper hingegen werden die Fette durch die Galle im Lumen des Zwölffingerdarms emulgiert und dann durch die Lipasen gespalten. Durch das Hydrogencarbonat des Pankreassaftes ist der pH-Wert des Nahrungsbreis im Dünndarm auf etwa pH = 8 angestiegen. Die Hydrolyse der Fette bei der Verdauung findet also nicht im Säuren statt und steht durch die Enzymkatalyse natürlich nicht in Konkurrenz mit der Veresterung. Auch kommt es im schwach basischen Milieu nicht zu einer Verseifung - abgesehen von ca. 5% der Fettsäuren, die mit den vorhandenen Calciumionen Kalkseifen bilden und ausgeschieden werden.

Die Pankreas-Lipase spaltet nur die 1. und 3. Esterbindung, so dass Monoacylglyceride und freie Fettsäuren entstehen. Mit den Gallensalzen bilden sie wiederum 3-6 nm große Micellen, die einen engen Kontakt zur Darmwandzelle aufnehmen können und so die (passive) Resorption ermöglichen. Pro Minute kann die Pankreas-Lipase bis zu 140g Fett spalten! Sie ist im Übrigen auch in der menschlichen Muttermilch zu finden. Dem gestillten Säugling wird also gleich das Enzym zur Verdauung mitgeliefert.

### **Farben**

Leinöl ist ein Beispiel für ein trocknendes Öl, das einen Film bildet, wenn der Sauerstoff der Luft seine Doppelbindungen angreift. Hierbei werden zunächst unter dem Einfluss des Sauerstoffs Radikale gebildet; diese lösen eine Kettenreaktion aus, in deren Verlauf sich Nachbarmoleküle miteinander verbinden. Es entstehen feste, hochmolekulare Harze. Um den Prozess der Verhärtung zu beschleunigen, setzt man den trocknenden Ölen in Farben Sikkative (Kobalt-, Mangan- oder Bleisalze z.B. der Naphtensäuren) zu. Diese wirken katalytisch als Sauerstoffüberträger. Gemische aus trocknenden Ölen und sol-

chen Metallverbindungen nennt man „Firniss“  
Schulversuch hierzu siehe auch:  
[www.chemieunterricht.de/dc2/haus/v092.htm](http://www.chemieunterricht.de/dc2/haus/v092.htm)

### **Pommes frites**

Eine solche radikalische Polymerisation findet auch in länger gelagerten mehrfach ungesättigten Pflanzenölen statt und wird durch Erhitzen der Öle beschleunigt. Altes Bratöl sollte man deshalb nicht mit frischem Öl übergießen, weil die im alten Öl verbliebenen Radikale die Polymerisation im frischen Öl fortsetzen.

Beim Frittieren der Pommes frites bildet sich bei Temperaturen zwischen 170 - 190°C eine Kruste, die aus karamellisiertem Zucker und geronnenem Eiweiß besteht. Die braune Färbung dieser Kruste wird durch die Maillard-Reaktion hervorgerufen (reduzierende Zucker reagieren mit der Aminogruppe der Aminosäuren).

Schulversuch hierzu siehe auch:  
[www.chemieunterricht.de/dc2/haus/fette.htm](http://www.chemieunterricht.de/dc2/haus/fette.htm)

### **Schokolade**

Kakaobutter ist ausgesprochen einheitlich zusammengesetzt: Jedes Triacylglycerid-Molekül trägt am zentralen Kohlenstoffatom des Glycerinstammes ein Ölsäuremolekül, und die beiden anderen Fettsäuren sind meist Stearinsäure oder Palmitinsäure. Dieser einheitliche Aufbau bewirkt einen viel eindeutigeren Schmelzpunkt, als man ihn für andere Fette kennt. Schokolade ist daher bis nahe an diesen Schmelzpunkt von 34°C brechbar. Sie schmilzt überdies so rasch und Energie verbrauchend, dass beim Schokoladeessen ein Kältegefühl im Mund entsteht.

### **Designerfette**

Nicht nur der Volksmund weiß es, auch die Forschung findet immer mehr Belege dafür, dass zwischen der Aufnahme von Nahrungs-

fetten und bestimmten Krankheiten wie Übergewicht und Herz-Kreislauf-Erkrankungen ein Zusammenhang besteht. Inzwischen versucht man, diesem Problem auf besonderem Wege beizukommen: Man baut Fette, die Nahrungsfetten ähneln, aber vom Körper nicht im gleichen Maß oder gar nicht verwertet werden können. Solche so genannten „Designer-Lipide“ sind zum Beispiel Triacylglyceride, die aus natürlichen Fetten durch Umesterung oder mit Hilfe von Lipasen gewonnen werden und deutlich längere Fettsäuren besitzen, als natürliche Fette. Bei anderen Fettersatzstoffen ist das Glycerin durch Saccharose ersetzt, an die acht Fettsäuren gebunden sind - ein für die körpereigenen Lipasen unspaltbares Molekül. In Japan und den USA sind bereits solche Produkte für den Markt als Fritierfette, diätisches Lebensmittel, Kakaobutterersatz, etc. zugelassen. Nach dem bisherigen Stand der Forschung wird allerdings bezweifelt, ob eine Gewichtsabnahme durch den Ersatz der natürlichen durch Designer-Fette erreicht werden kann. Vor allem die Nebenwirkungen, z.B. auf die Vitaminaufnahme, werden diskutiert. Weitere Infos siehe:

[www.verbraucherministerium.de](http://www.verbraucherministerium.de)

### **Antikörper gegen Fett**

Die Skandale der vergangenen Zeit haben das Bewusstsein der Verbraucher für Futterzusatzstoffe wie Hormone geweckt. Um auf anderem Wege magerere Schweine und damit fettärmeres Fleisch zu erhalten, versuchen nun schottische Wissenschaftler, Schweinen Antikörper gegen Fettzellen zu spritzen. Sie haben so um 30% fettärmere Steaks gewinnen können. Nun wird angedacht, dieses Verfahren auch beim Menschen einzusetzen. Wissenschaftler warnen jedoch vor dem Effekt auf lebensnotwendige Fettdepots, z.B. um die inneren Organe.

### **Jojoba-Öl und die Wale**

Jojoba-Öl ist im wesentlichen aus Estern von einfach ungesättigten  $C_{20}$ - und  $C_{22}$ -Fettsäuren mit  $C_{11}$ - und  $C_{12}$ -Alkoholen, nicht aber aus Triacylglyceriden aufgebaut. Chemisch gesehen handelt es sich also nicht um ein Öl, sondern um ein hellgelbes, flüssiges Wachs! Der aus den Samen des *Simmondsia chinensis*, einem Wüsten-Strauch, gewonnene Rohstoff wird heute für viele kosmetische Produkte verwendet. Auf Grund seiner hohen thermischen Stabilität (bis ca.  $300^{\circ}\text{C}$ ) kommt Jojoba-Öl auch als Schmieröl für Maschinen und hochoberflächige Motoren zum Einsatz. Es ersetzt dabei heute das Spermöl, ein aus Walrat gewonnenes Öl. Walrat wurde bis zum Washingtoner Artenschutzabkommen aus den Kopfhöhlen, den Rückgratknöcheln und dem Speck des Pottwales hergestellt.

### **Zur Verwendung**

Das Arbeitsvideo ist für Sekundarstufe I und II geeignet. Die Kurzfilme können zur Einführung, zur Erarbeitung oder zur Sicherung der bereits erworbenen Kenntnisse eingesetzt werden.

Kurzfilm 1 bietet sich sowohl zur Einführung in das Thema „Fette“ im Chemie-Unterricht als auch im Biologie-Unterricht beim Thema „Ernährung“ an.

Kurzfilm 2 kann bereits bei der Behandlung von Glycerin bzw. von Carbonsäuren eingesetzt werden, Kurzfilm 3 bei der allgemeinen Besprechung von Esterbildung und Ester-spaltung. Kurzfilme 2, 3, und 4 können den laufenden Unterricht zum Thema Fette ergänzen, wobei die wichtigen chemischen Grundlagen visualisiert und damit gefestigt werden.

**Produktion**

FWU Institut für Film und Bild, 2003

**Idee und Bearbeitung**

Karin Lohwasser

**Animationen**

snag multimedia, München

**Begleitkarte**

Katja Weirauch

**Pädagogische Referentin im FWU**

Karin Lohwasser

**Verleih** durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen,  
Medienzentren und konfessionelle Medienzentren

**Verkauf** durch FWU Institut für Film und Bild,  
Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren:  
öV zulässig

© 2003

FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiseltasteig  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-240  
E-Mail [Info@fwu.de](mailto:Info@fwu.de)  
Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiseltalstraße  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-240  
E-Mail [Info@fwu.de](mailto:Info@fwu.de)  
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für  
unseren Vertrieb:**

**Telefon (0 89) 64 97-4 44**  
**Telefax (0 89) 64 97-2 40**  
**E-Mail [vertrieb@fwu.de](mailto:vertrieb@fwu.de)**

Alle Urheber- und  
Leistungsschutzrechte vor-  
behalten.  
Keine unerlaubte Vervielfältigung,  
Vermietung,  
Aufführung, Sendung!

**Freigegeben  
o. A. gemäß  
§ 7 JÖSchG FSK**

## **FWU - Schule und Unterricht /Arbeitsvideo**

**VHS 42 02894**

21 min, Farbe

### **Biomoleküle**

#### **Fette**

#### **Arbeitsvideo /4 Kurzfilme**

Fette sind besser als ihr Ruf! Sie sind Energieträger, Wärmeisolator, und Grundstoff zahlreicher anderer lebenswichtiger Stoffe, sie ermöglichen die Aufnahme fettlöslicher Vitamine, und dienen der Polsterung. Kein Organismus kann ohne sie leben. Das Arbeitsvideo visualisiert durch klare Animationen die chemischen Strukturen sowie die wichtigsten Reaktionen und Eigenschaften der Fette. Zusätzlich erleichtern die vielen Verknüpfungen mit der Biologie den Zugang zu den abstrakten, chemischen Zusammenhängen.

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Bedeutung der Fette                             | 6:05min |
| 2. Bausteine der Fettmoleküle                      | 6:21min |
| 3. Triacylglyceride: Kondensation<br>und Hydrolyse | 3:31min |
| 4. Feste und flüssige Fette                        | 4:15min |

#### **Schlagwörter**

Fett, Öl, Triacylglycerid, Triglycerid, Fettsäure, Glycerin, Kondensation, Hydrolyse

#### **Chemie**

Organische Chemie • Stoffe mit funktionellen Gruppen •  
Reaktionsmechanismen • Polymere Stoffe, Naturstoffe  
Biochemie • Molekulare Grundlagen der Organismen

Allgemeinbildende Schulen (9-13)

#### **Weitere Medien**

42 02661 Kohlenhydrate: Monosaccharide. Arbeitsvideo /  
4 Kurzfilme. VHS, 34min, f

42 02662 Kohlenhydrate: Disaccharide und Polysaccharide.  
Arbeitsvideo / 2 Kurzfilme. VHS, 16min, f