

# Ether, Ester & Fette



Sekundarstufe I, Klassen 7-9

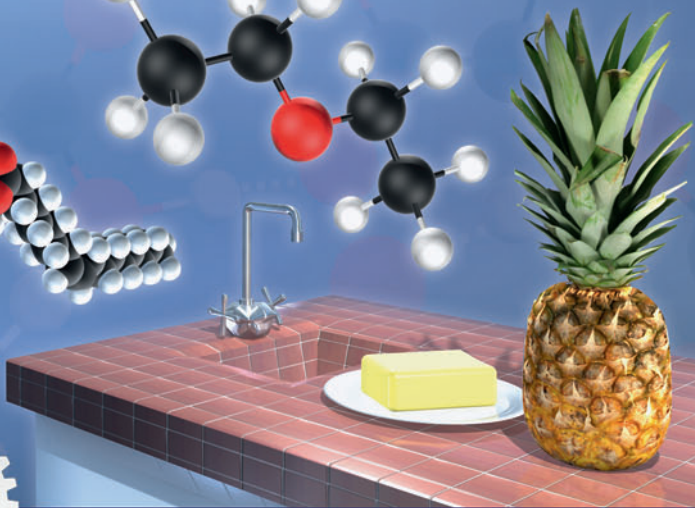
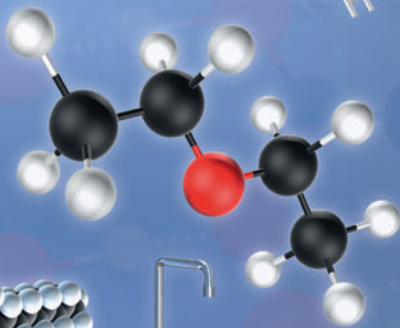
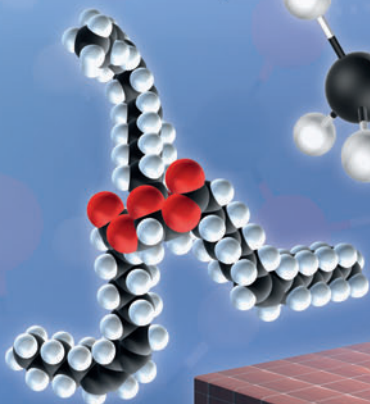
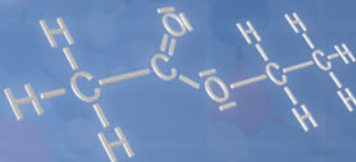
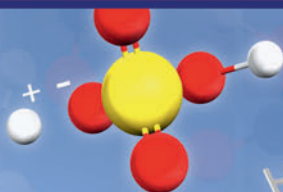
Online-  
Lernumgebung



Test  
Center

auf [www.gida.de](http://www.gida.de)

FILM+SOFTWARE  
3D



Chemie

DVD  
VIDEO

# Inhalt und Einsatz im Unterricht

## "Ether, Ester & Fette" (Chemie, Sek. I, Kl. 7-9)

Diese DVD behandelt das Unterrichtsthema **"Ether, Ester & Fette" für die Sekundarstufe I** (Klassenstufen 7-9).

Das **DVD-Hauptmenü** bietet folgende 4 Filme zur Auswahl:

Ether	12:40 min
Ester	12:50 min
Vielfalt der Ester	8:40 min
Fette – eine spezielle Esterfamilie	7:20 min

(+ Grafikmenü mit 22 Farbgrafiken)

Sehr anschauliche **3D-Computeranimationen** verdeutlichen den Aufbau und die Eigenschaften von Ethern, Estern und Fetten. An vielen Beispielen werden u.a. auch die Nomenklaturregeln für diese Stoffe erklärt. Dabei zeigen einige Beispiele die Bandbreite zwischen "gebräuchlichen" und "offiziellen" (IUPAC) Molekülbenennungen auf (z.B. Essigsäureethylester, Ethansäureethylester, Ethylethanoat). Die Schüler sollen dadurch didaktisch angemessen auf die Existenz dieser verschiedenen Bezeichnungen aufmerksam gemacht werden.

Die Inhalte der Filme sind altersstufen- und lehrplangerechtere aufbereitet. Die wesentlichen, typischen chemisch-physikalischen Merkmale der jeweiligen Moleküle werden ausführlich und schrittweise erläutert. Dies geschieht je nach Erfordernis im Kugelwolkenmodell, im Kalottenmodell, im Kugel-Stab-Modell oder in Lewis-Schreibweise. Quasi "nebenbei" wird dadurch auch das Bewusstsein der Schüler bzgl. der Leistungs- / Erklärfähigkeit dieser unterschiedlichen Darstellungsformen geschult.

Die Filme verzichten auf eine Rahmenhandlung, bereiten aber den Unterrichtsstoff für Jugendliche durch 3D-Animationen optisch sehr attraktiv auf. Die Filme sind zusätzlich in Filmmodule unterteilt, um die gezielte Nutzung einzelner Inhalte zu ermöglichen.

Didaktisch bauen die Filme aufeinander auf, so dass sich ein Unterrichtseinsatz zumindest der Filme 2-4 in der o.g. Reihenfolge empfiehlt. Die Filme 1 und 2 sind optional und in beliebiger Reihenfolge im Unterricht einsetzbar.

**Ergänzend zu den o.g. 4 Filmen** finden Sie auf dieser DVD:

- **22 Farbgrafiken**, die das Unterrichtsgespräch illustrieren (in den Grafik-Menüs)
- **12 ausdruckbare pdf-Arbeitsblätter**, jeweils in Schüler- und in Lehrerfassung (im DVD-ROM-Bereich)

**Im GIDA-"Testcenter"** (auf [www.gida.de](http://www.gida.de)) finden Sie auch zu dieser DVD "Ether, Ester & Fette" interaktive und selbstauswertende Tests zur Bearbeitung am PC. Diese Tests können Sie online bearbeiten oder auch lokal auf Ihren Rechner downloaden, abspeichern und offline bearbeiten, ausdrucken etc.

## Begleitmaterial (pdf) auf dieser DVD

Über den "Windows-Explorer" Ihres Windows-Betriebssystems können Sie die Dateistruktur der DVD einsehen. Sie finden dort u.a. den Ordner "DVD-ROM". In diesem Ordner befindet sich u.a. die Datei

### start.html

Wenn Sie diese Datei doppelklicken, öffnet Ihr Standard-Browser mit einem Menü, das Ihnen noch einmal alle Filme und auch das gesamte Begleitmaterial der DVD zur Auswahl anbietet (PDF-Dateien von Arbeitsblättern, Grafiken und DVD-Begleitheft, Internetlink zum GIDA-TEST-CENTER etc.).

Durch einfaches Anklicken der gewünschten Begleitmaterial-Datei öffnet sich automatisch der Adobe Reader mit dem entsprechenden Inhalt (sofern Sie den Adobe Reader auf Ihrem Rechner installiert haben).

Die Arbeitsblätter liegen jeweils in Schülerfassung und in Lehrerfassung (mit eingetragenen Lösungen) vor. Sie ermöglichen Lernerfolgskontrollen bezüglich der Kerninhalte der DVD und sind direkt am Rechner elektronisch ausfüllbar. Über die Druckfunktion des Adobe Reader können Sie aber auch einzelne oder alle Arbeitsblätter für Ihren Unterricht vervielfältigen.

---

**Fachberatung** bei der inhaltlichen Konzeption und Gestaltung dieser DVD:

Frau Erika Doenhardt-Klein, Oberstudienrätin  
(Biologie, Chemie und Physik, Lehrbefähigung Sek. I + II)

---

## Inhaltsverzeichnis

Seite:

DVD-Inhalt - Strukturdiagramm

4

## Die Filme

Ether

5

Ester

8

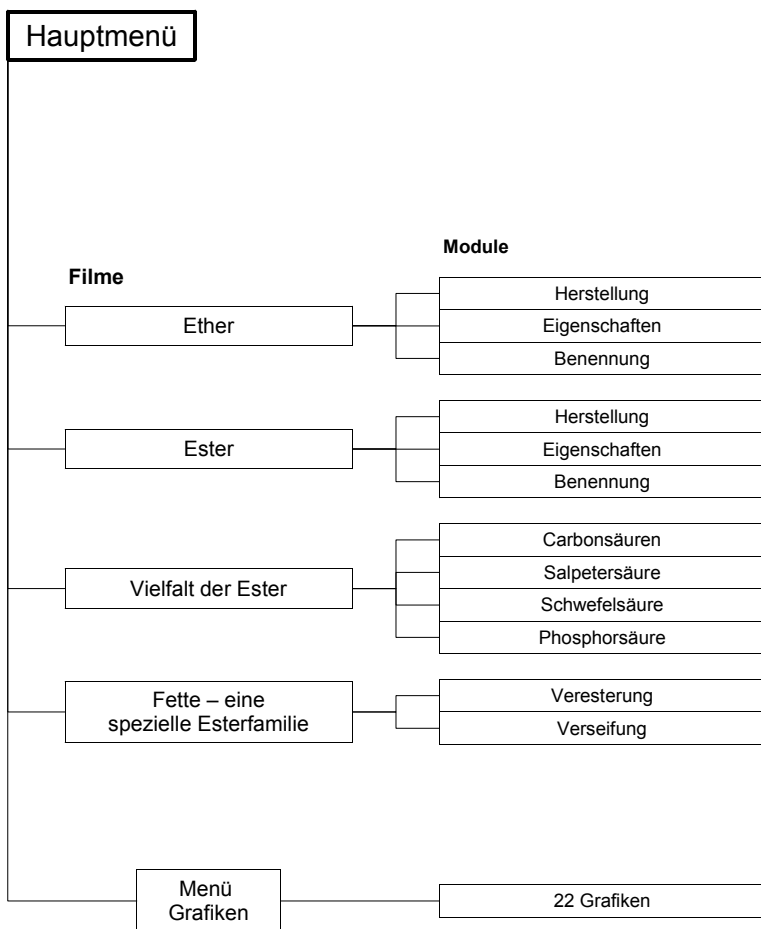
Vielfalt der Ester

11

Fette – eine spezielle Esterfamilie

14

# DVD-Inhalt - Strukturdiagramm



# Ether

Laufzeit: 12:40 min, 2012

## Lernziele:

- Die Ethersynthese aus Ethanol (Kondensationsreaktion) verstehen;
- Den Begriff "Funktions-Isomerie" an einem Beispiel nachvollziehen können;
- Die chemisch-physikalischen Eigenschaften von Diethylether kennenlernen.

## Inhalt:

Der Film beschäftigt sich mit der Stoffklasse der **Ether**. Mithilfe von 3D-Computeranimationen wird in einem virtuellen „Chemie-Labor“ zunächst die Reaktion von Ethanol zu Diethylether ausführlich erklärt. Dieses Chemielabor dient auch in den weiteren Filmen als rahmengebender Hintergrund.

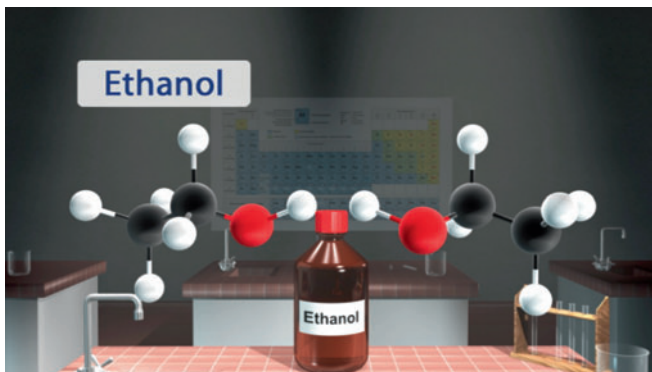


Abbildung 1: Kugel-Stab-Modell zweier Ethanol-Moleküle

Zunächst werden dabei spezielle Eigenschaften des Ethanols wiederholt (→ DVD „Alkohole“): Die polarisierte Hydroxy-Gruppe ermöglicht die Bildung von Wasserstoffbrückenbindungen, die für die hohe Siedetemperatur und gute Wasserlöslichkeit verantwortlich sind. Zudem polarisiert der stark negativ geladene Sauerstoff die Bindung zum Kohlenstoff. Die Hydroxy-Gruppe verleiht dem Ethanol-Molekül insgesamt eine erhöhte Reaktivität.

Es folgt die Schilderung der Kondensationsreaktion von Ethanol zu Diethylether. **Aus Sicherheitsgründen** (erhöhte Explosionsgefahr durch Bildung von Peroxiden) wird im Film **kein Laborversuch** durchgeführt, u.a. um nicht zur Nachahmung anzuleiten. Die Kondensationsreaktion wird stattdessen in einer sehr ausführlichen Computeranimation sehr detailliert beschrieben (u.a. die katalytische Funktion von  $H^+$  und  $HSO_4^-$ ; 99% der  $H_2SO_4$  liegen einfach dissoziiert vor).

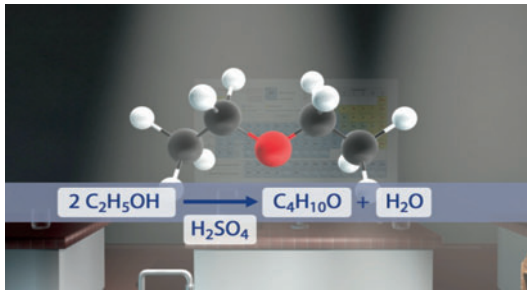


Abbildung 2: Reaktionsgleichung der Ethersynthese

Abschließend zeigt der Film die zusammenfassende Reaktionsgleichung dieser Ethersynthese. Im Mittelpunkt des weiteren Filmverlaufs steht dann das Hauptreaktionsprodukt der Kondensationsreaktion: Der Diethylether.

Zwei Alkyl-Reste (Ethylreste) sind über eine Sauerstoffbrücke miteinander verbunden. Die funktionelle Ether-Gruppe  $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$  wird benannt. Schließlich wird der Name des Moleküls über "Ethyl-ethyl-ether" bis zum "Diethylether" hergeleitet.

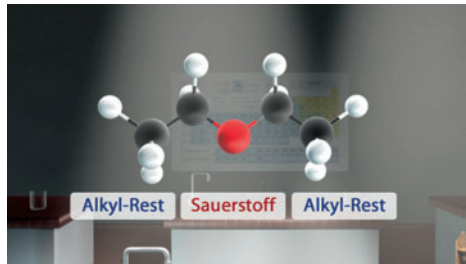


Abbildung 3: Diethylether

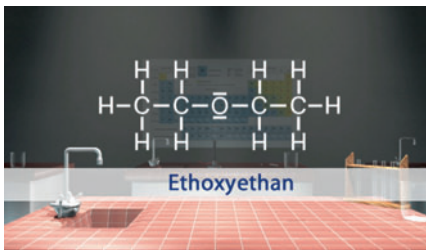


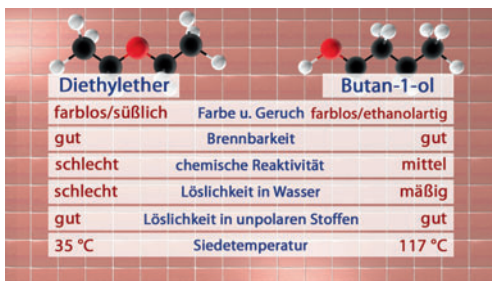
Abbildung 4: Ethoxyethan

Am Beispiel des Diethylethers stellt der Film auch die Ether-Nomenklatur der IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) vor:

„Ethoxyethan“ setzt sich aus dem Wortstamm des einen Alkylrests, aus der Silbe  $-\text{oxy}$  und aus dem vollständigen Alkannamen des zweiten Alkylrests zusammen.

Sind die beiden Alkylreste verschieden, beginnt der Name stets mit dem niederwertigen Alkylrest, wie z.B. beim Ethermolekül „Methoxyethan“.

Im weiteren Filmverlauf werden die chemisch-physikalischen Eigenschaften von Diethylether und dem gleichgroßen Alkohol Butan-1-ol verglichen.



Diethylether		Butan-1-ol
farblos/süßlich	Farbe u. Geruch	farblos/ethanolartig
gut	Brennbarkeit	gut
schlecht	chemische Reaktivität	mittel
schlecht	Löslichkeit in Wasser	mäßig
gut	Löslichkeit in unpolaren Stoffen	gut
35 °C	Siedetemperatur	117 °C

Abbildung 5: Eigenschaften-Tabelle

Auffällig ist der große Unterschied der Siedetemperaturen: Aufgrund ihrer Polarität halten die Alkoholmoleküle über Wasserstoffbrückenbindungen viel stärker zusammen als die unpolaren Ethermoleküle.

Bei beiden Verbindungen handelt es sich um **Isomere**, die die gleiche Art und Anzahl von Atomen enthalten. Allerdings bildet sich je nach Stellung des Sauerstoffatoms innerhalb der Moleküle eine andere funktionelle Gruppe heraus. Butan-1-ol verfügt über eine Hydroxy-Gruppe, der Diethylether über eine Ether-Gruppe. Hier liegt eine sogenannte **Funktions-Isomerie** vor, die den Molekülen letztlich die unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften verleiht.

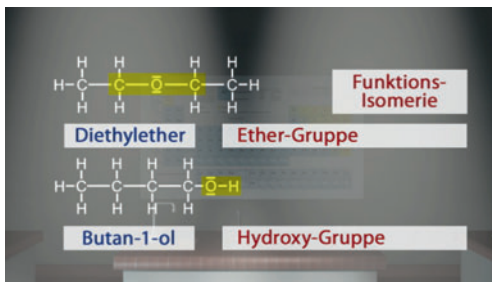


Abbildung 6: Funktions-Isomerie

Am Ende des Films wird an verschiedenen Beispielen aufgezeigt, in wievielen Alltagsstoffen Etherverbindungen vorhanden sind. Diethylether wurde beispielsweise früher als Narkosemittel eingesetzt, heute wegen seiner chemischen Neutralität als Lösemittel. Komplizierter aufgebaute Ether tauchen in der Natur häufig als Duft- und Aromastoffe auf, wie z.B. Eugenol und Vanillin. Auch das Disaccharid Saccharose, der gewöhnliche Haushaltszucker, wird als Ether "entlarvt".

\* \* \*

# Ester

Laufzeit: 12:50 min, 2012

## Lernziele:

- Die Estersynthese aus Alkohol und Carbonsäure kennenlernen;
- Den Begriff "Funktions-Isomerie" an einem Beispiel nachvollziehen können;
- Die chemisch-physikalischen Eigenschaften von Essigsäureethylester kennenlernen.

## Inhalt:

Der Film demonstriert zunächst die Esterherstellung aus einem Alkohol und einer Carbonsäure. In einem realen Laborversuch werden reine Essigsäure (Ethansäure) und reines Ethanol mit konzentrierter Schwefelsäure (Katalysator) vermischt und anschließend erhitzt.

Damit die Schüler den Versuch gut nachvollziehen können, wird zunächst die jeweilige funktionelle Gruppe der beiden Verbindungen genauer betrachtet:

Die **Hydroxy-Gruppe** des Ethanols ist am Wasserstoff positiv und am Sauerstoff negativ polarisiert. Daher können sich Ethanol-Moleküle über Wasserstoffbrücken stark aneinander binden.

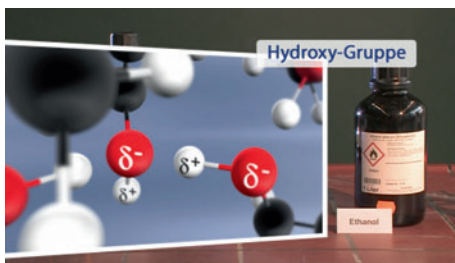


Abbildung 7: Hydroxy-Gruppe (-OH)

Die **Carboxy-Gruppe** der Essigsäure ist ebenfalls stark polarisiert. Sie ermöglicht die Dimerbildung zweier Essigsäure-Moleküle.

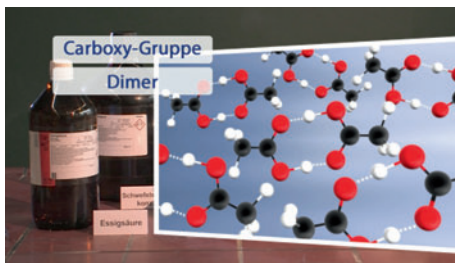


Abbildung 8: Essigsäure-Dimere

Im weiteren Verlauf verdeutlicht der Film die Esterbildung in mehreren Schritten: Durch Erhitzen werden zunächst die Wasserstoffbrückenbindungen im Ethanol und die Essigsäure-Dimere aufgebrochen. Anschließend findet eine **Kondensationsreaktion** zwischen der Hydroxy-Gruppe des Ethanol-Moleküls und der Carboxy-Gruppe des Essigsäure-Moleküls statt. Die OH-Gruppe der Essigsäure wird zusammen mit dem Wasserstoffatom der Hydroxy-Gruppe des Ethanols als Wassermolekül abgespalten.

Das Haupt-Reaktionsprodukt besteht aus einem Säure-Rest, der mit einem Alkyl-Rest verbunden ist. Eine solche Verbindung wird allgemein als **Ester** bezeichnet. Im vorliegenden Fall handelt es sich um Essigsäureethylester.

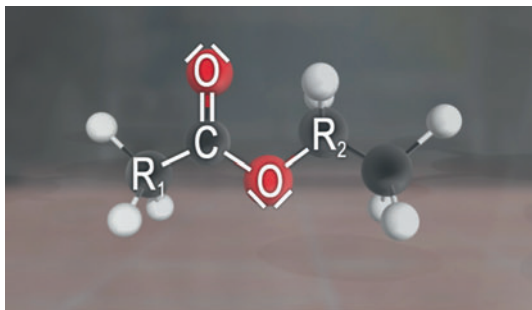


Abbildung 9: Esterstruktur allgemein  $R_1\text{-COO-R}_2$

Der Film hält fest: Reagieren Carbonsäuren mit Alkoholen, dann entstehen Ester mit der folgenden charakteristischen Struktur  $R_1\text{-COO-R}_2$ . Dabei muss  $R_2$  mindestens ein Kohlenstoffatom enthalten ("echter Alkylrest").  $R_1$  kann auch nur aus einem Wasserstoffatom bestehen.

In einer weiteren Darstellung (Methansäuremethylester) wird herausgearbeitet, dass die **Ester-Gruppe -COOC-** die funktionelle Gruppe aller Ester ist.

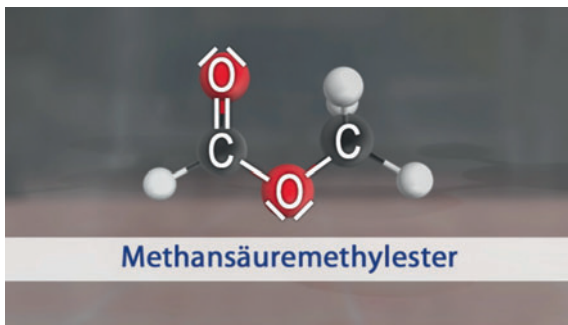


Abbildung 10: Ester-Gruppe im Methansäuremethylester

Im weiteren Filmverlauf werden die chemisch-physikalischen Eigenschaften von Essigsäureethylester und der gleichgroßen Butansäure verglichen.

Essigsäureethylester		Butansäure
farblos/fruchtig	Farbe u. Geruch	farblos/ranzig
gut	Brennbarkeit	nicht brennbar
schlecht	chemische Reaktivität	mittel (ätzend)
mäßig	Löslichkeit in Wasser	gut
gut	Löslichkeit in unpolaren Stoffen	gut
77 °C	Siedetemperatur	163 °C

Abbildung 11: Eigenschaften-Tabelle

Bei beiden Verbindungen handelt es sich um **Isomere**, die die gleiche Art und Anzahl von Atomen enthalten. Allerdings bildet sich je nach Stellung des Sauerstoffatoms innerhalb der Moleküle eine andere funktionelle Gruppe heraus. Butansäure verfügt über eine Carboxy-Gruppe, Essigsäureethylester über eine Ester-Gruppe. Hier liegt eine sogenannte **Funktions-Isomerie** vor, die den Molekülen letztlich die unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften verleiht.

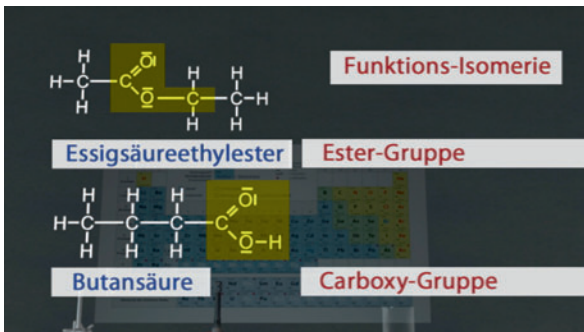


Abbildung 12: Funktions-Isomerie

Am Ende erläutert der Film wiederum die Ester-**Benennungsregel** der IUPAC: Der Name für Ester setzt sich aus dem Alkylrest des Alkohols, aus dem Alkan-Wortstamm der Säure und aus der Endung -oat zusammen. **Essigsäureethylester** heißt nach dieser Regel **Ethylethanoat**.

\*\*\*

# Vielfalt der Ester

Laufzeit: 8:40 min, 2012

## Lernziele:

- Verschiedenste Ester von organischen und anorganischen Säuren kennenlernen (Carbon-, Salpeter-, Schwefel- und Phosphorsäure).
- Verschiedene Ester benennen können.

## Inhalt:

Der Film stellt eine Reihe von Estern vor, die sich von organischen Säuren ableiten. Einige dieser Ester sind Aromastoffe von Früchten, weshalb man sie auch Fruchttester nennt. Vertreter dieser meist recht überschaubar aufgebauten Ester sind z.B. Ethansäurepentylester, Aromabestandteil der Birne, und Methansäureethylester, Bestandteil des typischen Rumaromas.

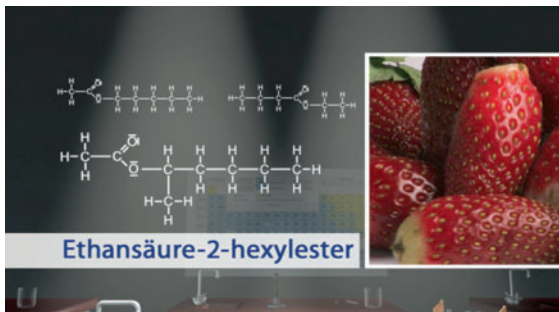


Abbildung 13: Aromastoff in der Erdbeere

Aber man findet Ester von Carbonsäuren auch in gänzlich anderen Bereichen:

In der technischen Chemie gibt es z.B. das Di[2-ethylhexyl]phthalat ("DEHP"), ein Ester der o-Phthalsäure, der als PVC-Weichmacher eingesetzt wird.

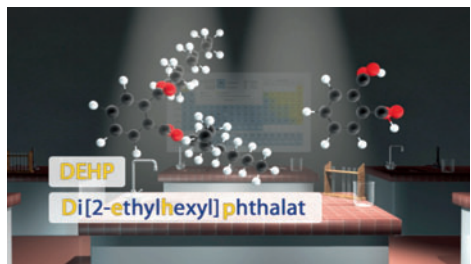


Abbildung 14: PVC-Weichmacher DEHP

Auch einige anorganische Säuren erfüllen die notwendige Bedingung für die Bildung von Estern: Im Säuremolekül muss **Wasserstoff an Sauerstoff** gebunden vorliegen, damit eine Kondensationsreaktion stattfinden kann.

Ein Vertreter dieser Ester-Gruppe ist z.B. Salpetersäureethylester, der aus der Kondensationsreaktion zwischen Salpetersäure und Ethanol entsteht und hochexplosiv ist. Grund hierfür ist die hohe Anzahl an Sauerstoffatomen, die die Kohlenstoff- und Wasserstoffatome schnell und fast vollständig oxidieren können.

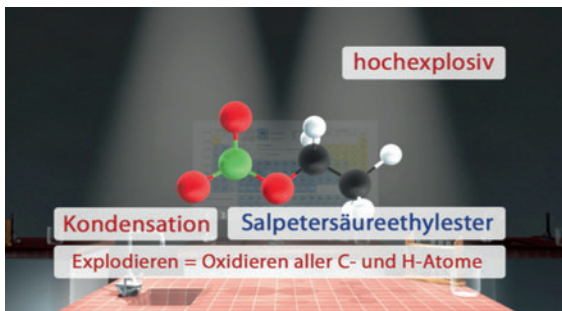


Abbildung 15: Salpetersäureethylester

Als extremes Beispiel für explosive Stoffe (noch höherer Sauerstoffgehalt) wird Trisalpetersäureglycerinester vorgestellt, besser bekannt als Glycerintrinitrat oder auch Nitroglycerin.

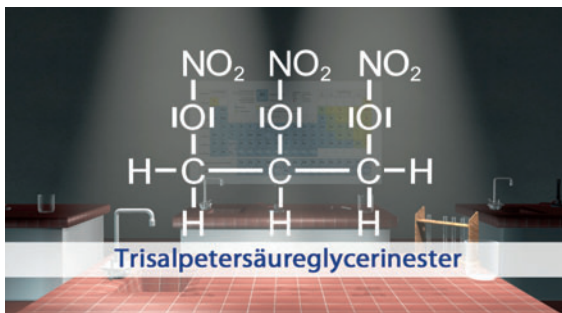


Abbildung 16: Trisalpetersäureglycerinester

Der Film stellt an einigen Beispielen auch heraus: Kann man die funktionelle Gruppe der Ester aus Carbonsäuren noch als COOC-Gruppe bestimmen, ist das bei den Estern aus anorganischen Säuren nicht mehr gegeben. Je nach Säure ist das zentrale C-Atom (der Carbon-Ester-Gruppe) durch ein Stickstoff-, Schwefel- oder Phosphoratom ersetzt.

Im weiteren Verlauf des Films werden z.B. Ester der Schwefelsäure mit langkettigen Alkoholen näher beleuchtet, da sie besondere Eigenschaften aufweisen. Durch Reaktion mit Natronlauge bildet sich das Natriumlaurylsulfat, ein sogenanntes "anionisches Tensid".

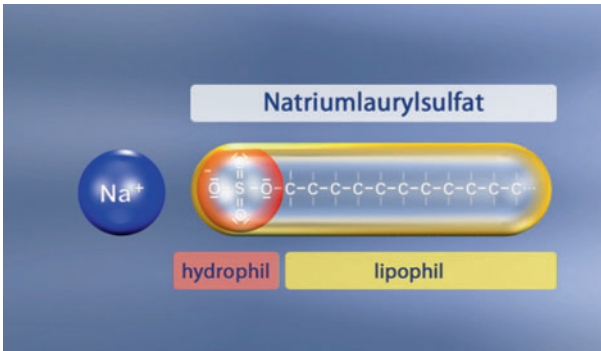


Abbildung 17: Struktur eines anionischen Tensids

Tenside haben eine reinigende Wirkung und finden sich z.B. in Waschmitteln und Duschgels. Auch als Emulgator tauchen sie in Lotionen und Salben auf. Die Waschwirkung von solchen Tensiden wird im Film ausführlich erklärt.

Abschließend wird die Phosphorsäure näher beleuchtet. Ihre drei an Sauerstoff gebundenen Wasserstoffatome ermöglichen z.B. die Bindung von bis zu drei Methanolmolekülen. Es entstehen die Ester Methyl-, Dimethyl- und Trimethylphosphat.

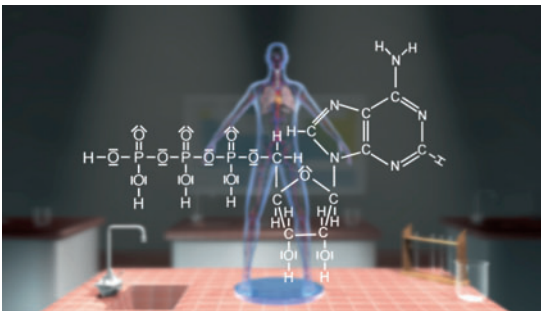


Abbildung 18: Phosphorsäureester ATP im Stoffwechsel

Komplex aufgebaute Phosphorsäureester spielen eine lebenswichtige Rolle im menschlichen Körper z.B. als Energieträger ATP oder in der Erbsubstanz DNA.

\*\*\*

# Fette – eine spezielle Esterfamilie

Laufzeit: 7:20 min, 2012

## Lernziele:

- Herkunft und Verwendung von Fetten kennenlernen;
- Vielfalt der Triglyceride kennenlernen;
- Verseifung von Estern verstehen und nachvollziehen können.

## Inhalt:

**Vorab: Die letzte Passage des Films "alkalische und saure Hydrolyse" eignet sich speziell für lernstarke Gruppen** und kann bei schwächeren Gruppen einfach weggelassen werden.

Der Film nennt zunächst einige Alltagsbeispiele, bei denen Fette eine wichtige Rolle spielen: Beim Ölen der Fahrradkette, in Cremes und Lotionen, als Energielieferanten für den menschlichen Körper.

Auch die Herkunft der Fette wird bestimmt: Tierische Fette werden z.B. aus dem Fettgewebe von Tierkörpern gewonnen oder aus Milch in Form von Butter. Nutzpflanzen wie etwa Raps und Sonnenblumen oder Oliven liefern flüssige Fette, auch Öle genannt.

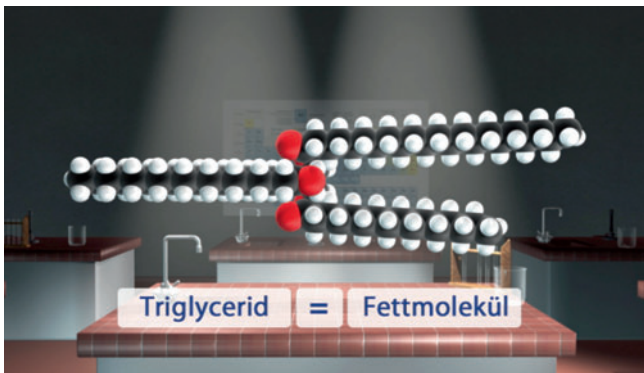


Abbildung 19: Fette sind Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin

Die Molekülstruktur von Fetten wird im Film detailliert erklärt:

Fette sind chemisch gesehen die Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin. Die Carboxy-Gruppen der Fettsäuren reagieren mit den Hydroxy-Gruppen des Glycerins unter Abspaltung von drei Molekülen Wasser. Die Kondensationsreaktion der Veresterung findet dreimal statt. Ein dreifacher Ester entsteht – ein sogenanntes Triglycerid, ein Fettmolekül.

Die große Vielfalt der Triglyceride entsteht aus der freien Kombinierbarkeit von zehn bis zwölf häufig vorkommenden Fettsäuren. Fettsäuren sind in der Regel unverzweigte Kohlenstoffketten, die aber häufig Doppelbindungen aufweisen. Mehrfache Doppelbindungen bewirken eine zunehmende Krümmung der Kohlenstoffkette (stets "cis-Stellung" an der Doppelbindung). Das bestimmt den intermolekularen Zusammenhalt der Moleküle und damit auch die Konsistenz der Fette bzw. Öle: Je mehr Doppelbindungen die Fettsäuren eines Triglycerids aufweisen, desto flüssiger ist das Fett bzw. das Öl.

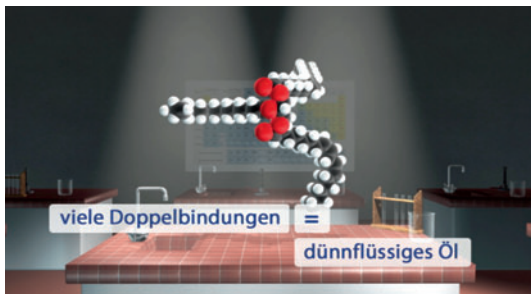


Abbildung 20: Einfluss der Doppelbindungen

Anschließend zeigen ein Laborversuch und zwei anschauliche Computeranimationen zwei Wege der sogenannten Verseifung (Hydrolyse) eines Esters:

1. Die **alkalische Hydrolyse**: Wird ein Gemisch aus Fett/Öl mit einer Lauge wie z.B. Natronlauge erwärmt, dann werden die Fett-Esterbindungen unter Einlagerung von Hydroxidionen (Hydrolyse) aufgebrochen. Reaktionsprodukte sind Glycerin, negativ geladene Säurerest-Ionen und positiv geladene Natrium-Ionen. Die Säurerest-Ionen sind waschaktive Tenside – im alltäglichen Sprachgebrauch besser bekannt als Seifen. Je nach verwendeter Lauge entstehen harte Kernseifen (Natronlauge) oder weich-flüssige Schmierseifen (Kalilauge).

2. Die **saure Hydrolyse** ist dagegen die echte Rückreaktion zur Veresterung (sie wird missverständlicherweise auch "Verseifung" genannt): Ester und Wasser reagieren wieder zu Carbonsäure und Alkohol. Allerdings wird durch den Katalysator Schwefelsäure (u.a. wegen Wasserbindung) das Reaktionsgleichgewicht stark nach rechts (zur Esterbildung) verschoben.

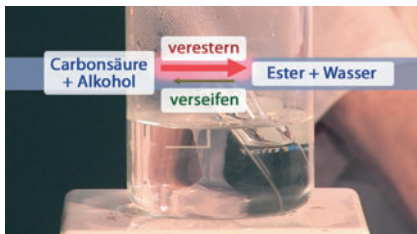


Abbildung 21: Gleichgewichtsreaktion

\* \* \*



GIDA Gesellschaft für Information  
und Darstellung mbH  
Feld 25  
51519 Odenthal

Tel. +49-(0)2174-7846-0  
Fax +49-(0)2174-7846-25  
info@gida.de  
www.gida.de

## Ether • Ester • Vielfalt der Ester • Fette – eine spezielle Esterfamilie

Carbonsäure + Alkohol  $\xrightarrow{\text{verestern}}$  Ester + Wasser  
 $\xleftarrow{\text{verseifen}}$

**Natriumlaurylsulfat**  
Na<sup>+</sup> hydrophil lipophil

Essigsäureethylester	Butansäure
farblos/fruchtig	farblos/ranzig
gut	Brennbarkeit nicht brennbar
schlecht	chemische Reaktivität mittel (ätzend)
mäßig	Löslichkeit in Wasser gut
gut	Löslichkeit in unpolaren Stoffen gut
77 °C	Siedetemperatur 163 °C

**Methansäuremethylester**