

## 2.7. Carbonsäuren und Ester

### 2.7.1. Benennung und homologe Reihe der Carbonsäuren

Carbonsäuren besitzen eine **Carboxylgruppe** (COOH-Gruppe) und werden durch die Endung **-säure** gekennzeichnet. Einwertige Carbonsäuren heißen **Alkansäuren**, mehrwertige Carbonsäuren werden entsprechend **Alkandisäuren**, **-trisäuren**, usw. genannt. Sind außerdem Hydroxyl- oder Carbonylgruppen vorhanden, so werden diese durch die Vorsilben **Hydroxy** bzw. **Oxo-** gekennzeichnet. Bei der **Nummerierung** der C-Kette erhält das Carboxyl-C-Atom eine möglichst niedrige Ziffer. Die **Salze** der Alkansäuren heißen **Alkanoate**.

**Einige Monocarbonsäuren** Aggregatzustand, Geruch und Wasserlöslichkeit untersuchen

Formel	Name der Säure	Name des Salzes	Sp in °C	Vorkommen und Verwendung
HCOOH	Methansäure (Ameisensäure)	Methanoat (Formiat)	100	Gift der Ameisen, Konservierungsmittel E 236 - 238
CH <sub>3</sub> COOH	Ethansäure (Essigsäure)	Ethanoat (Acetat)	118	Essig, Stoffwechsel der Säugetiere, Konservierungsmittel E 260 - 263
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> COOH	Propansäure (Propionsäure)	Propanoat (Propionat)	141	Holzessig Konservierungsmittel E 280 - 283
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> COOH	Propensäure (Acrylsäure)	Propenoat (Acrylat)	141	Kunststoffe (Acrylglas)
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	Butansäure (Buttersäure)	Butanoat (Butyrat)	164	Milchfett, ranzige Butter
C <sub>5</sub> H <sub>7</sub> COOH	2, 4 Hexadiensäure (Sorbinsäure)	2, 4 Hexadienoat (Sorbit)	133	Vogelbeeren, Konservierungsmittel E 200 - 203
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	Phenylmethansäure (Benzoesäure)	Phenylmethanoat (Benzoat)	Fp 122	Pflanzen, Konservierungsmittel E 210 - 213

Übungen: Aufgaben zu Carbonsäuren Aufgabe 1

### 2.7.2. Physikalische Eigenschaften der Carbonsäuren

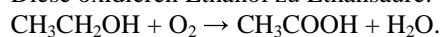
Löslichkeit in Wasser und Benzin untersuchen

Aufgrund der stark polaren Carboxylgruppe haben die Carbonsäuren die höchsten Siedepunkte unter den organischen Verbindungen. Die **Dicarbonsäuren** (aufgrund der Dipol-Dipol-Kräfte) und die meisten **Fettsäuren** (aufgrund der Van-der-Waals-Kräfte) sind bei Raumtemperatur fest und sind nicht unzersetzt verdampfbar.

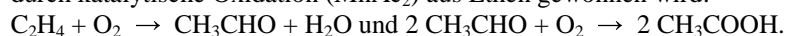
Übungen: Aufgaben zu Carbonsäuren Aufgabe 2

### 2.7.3. Herstellung der Carbonsäuren

Ethansäure (Essigsäure) wird seit ca. 5000 Jahren **biochemisch** aus **Ethanol** hergestellt. Dabei lässt man ethanolhaltige Flüssigkeiten wie z.B. Getreidemaische oder Traubenmost an der Luft über Buchenholzspäne rieseln, die mit **Essigsäurebakterien** (aus vorher hergestelltem Essig oder einfach aus der Luft) besetzt sind. Diese oxidieren Ethanol zu Ethansäure:



**Technische Ethansäure** wird durch **katalytische Oxidation** (PdCl<sub>2</sub>) von Ethanal erzeugt, welche wiederum durch katalytische Oxidation (MnAc<sub>2</sub>) aus Ethen gewonnen wird:

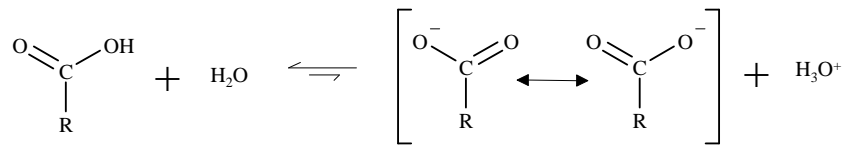


Übungen: Aufgaben zu Carbonsäuren Aufgaben 3 und 4

### 2.7.4. Säure-Base-Reaktionen der Carbonsäuren

pH-Werte von 1 m. Ethansäure, 1 m Ethandisäure und 1 m Sorbinsäure vergleichen

Die Säurewirkung der Carboxylgruppe ist aufgrund der **Mesomeriestabilisierung** des Carboxylat-Anions viel stärker als die der Hydroxylgruppe:



Mit steigender Kettenlänge nimmt die Säurewirkung wegen des +I-Effektes des Alkylrestes ab

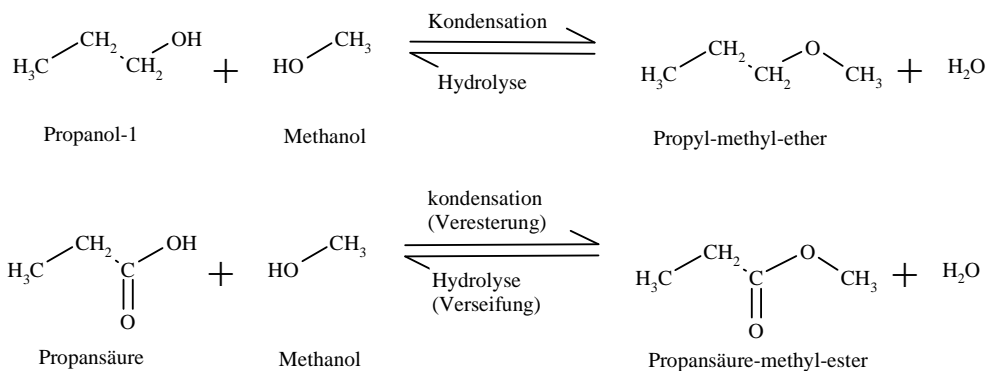
Übungen: Aufgaben zu Carbonsäuren Aufgaben 5 - 8

## 2.7.5. Veresterung

Herstellung von Aromastoffen

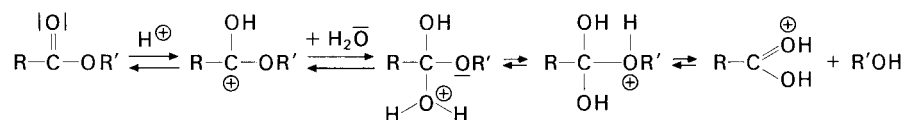
Bei der Kondensation zweier Alkohole entstehen **Ether**. Ersetzt man einen der Reaktionspartner durch eine Carbonsäure, so erhält man **Ester**, die man mit dem Namen der Carbonsäure, dem Rest des Alkohols und der Endung -Ester benennt. Die Umkehrung der Veresterung heißt **Verseifung**:

Beispiel:



### Mechanismus der säurekatalysierten Veresterung und Verseifung

Aufgrund der elektronenziehenden Wirkung der C=O-Gruppe kondensieren die OH-Gruppen der Carbonsäuren wesentlich leichter als die der Alkohole. Dabei wird zunächst die C=O-Gruppe **protoniert**. An das mesomeriestabilisierte Carbenium-Ion **addiert** sich zunächst der Alkohol. Nach einer weiteren (intramolekularen) Protolyse wird Wasser **eliminiert**. Den **Ester** erhält man durch **Deprotonierung** der C=O-Gruppe. Im Gegensatz zur Veresterung mit Mineralsäuren (siehe 3.) wird die OH-Gruppe der **Säure** abgespalten. Die Rückreaktion (Esterhydrolyse) läuft nach dem gleichen Mechanismus ab:



Um die Ausbeute zu erhöhen, wird meist **Schwefelsäure** verwendet, die das freigesetzte Wasser bindet und so die Rückreaktion verhindert.

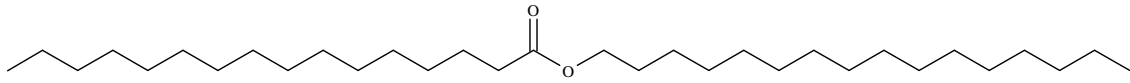
### Verwendung und Eigenschaften der Ester

Carbonsäureester ähneln physikalisch und chemisch mehr den Ketonen als den Ethern. Sie sind ähnlich wie Ketone wichtige **Lösungsmittel** für polare und unpolare Stoffe und aufgrund ihrer C=O-Doppelbindung ziemlich reaktionsfreudig. Viele Ester haben einen angenehmen Geruch und werden als **Fruchtaromen** eingesetzt.

Übungen: Aufgaben zu Carbonsäuren Aufgaben 9 - 14  
Hydrolyse von Ethansäure-Ethyl-Ester

## 2.7.6. Wachse

**Wachse** sind Ester höherer Alkohole mit Fettsäuren. Bienenwachs besteht aus 75 % Palmitinsäure-myricyl-ester, 10 % Palmitinsäure-cetyl-ester und 15 % Paraffin. **Myricylalkohol** ist ein schwer trennbares Gemisch aus  $C_{30}H_{61}OH$  und  $C_{32}H_{63}OH$ . **Cetylalkohol** hat die Formel  $C_{16}H_{33}OH$ .



Palmitinsäure-cetyl-ester

Übungen: Aufgaben zu Carbonsäuren Aufgabe 15

## 2.7.7. Fette

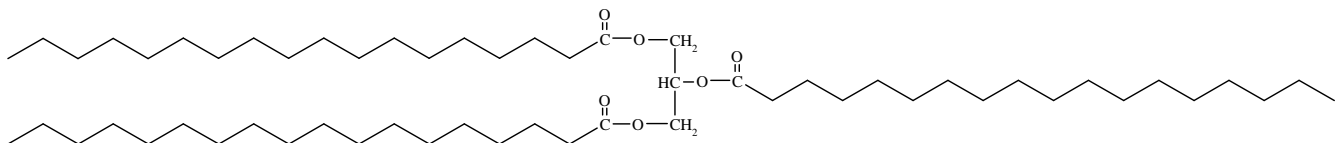
Fetthaltige Nahrungsmittel, Verteilung der Fettzellen bei Frauen und Männern

**Fette** sind Ester, die aus **Fettsäuren** und **Glycerin** gebildet werden.

### Einige Fettsäuren

Formel	Name der Säure	Name des Salzes	Vorkommen
$C_{15}H_{31}COOH$	Hexadecansäure (Palmitinsäure)	Hexadecanoat (Palmitat)	tierische Fette, Seifen
$C_{17}H_{35}COOH$	Octadecansäure (Stearinsäure)	Octadecanoat (Stearat)	tierische Fette, Seifen
$C_{17}H_{33}COOH$	cis-9-Octadecensäure (Ölsäure)	cis-9-Octadecenoat (Oleat)	pflanzliche Öle, Seifen
$C_{17}H_{31}COOH$	cis, cis-9,12-Octadecadiensäure (Linolsäure)	cis,cis-9,12,15-Octadecadienat (Linolat)	pflanzliche Öle, Seifen
$C_{17}H_{29}COOH$	all-cis-9,12,15-Octadecatriensäure (Linolensäure)	all-cis-9,12,15-Octadecatrienat (Linolenat)	pflanzliche Öle, Seifen

**Tierisches Depotfett** besteht hauptsächlich aus **Tristearinsäure-Glycerin-ester**.



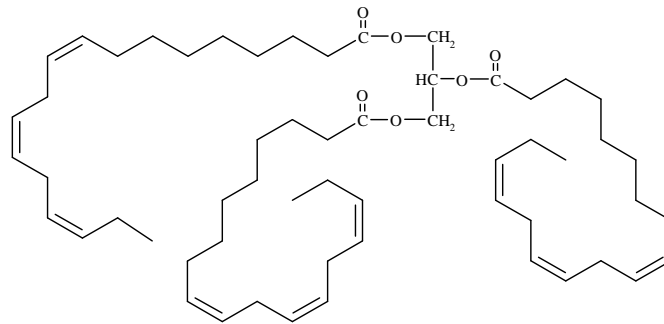
Tristearinsäure-glycerin-ester

### Physikylische Eigenschaften:

Aufgrund der starken Van-der-Waals-Kräfte zwischen den langen Ketten sind Fette bei Normaldruck nicht unzersetzt verdampfbar. Beim Braten mit überhöhten Temperaturen **zersetzen** sie sich in z.T. giftige und krebserregende Produkte. (siehe 4.1. Fette und Seifen)

**Pflanzliche Fette** enthalten häufig **ungesättigte Fettsäuren**:

*Ölhaltige Nahrungsmittel, Olivenöl und Palmin vergleichen*



Tri-Linolensäure-Glycerin-Ester

**Physikalische Eigenschaften:**

Die starren cis-Doppelbindungen behindern den Kontakt der langen Alkylreste und schwächen dadurch die Van-der-Waals-Kräfte. Pflanzliche Fette haben daher **geringere Schmelzpunkte** als tierische Fette und sind bei Raumtemperatur **flüssig**. Sie werden daher auch **Öle** genannt.

*Übungen: Aufgaben zu Carbonsäuren Aufgabe 16*

*Identifizierung funktioneller Gruppen: Aufgaben 17 – 19*

*Estergleichgewicht. Aufgaben 20 - 22*