

Kapitel 09: Carbonsäuren



Fruchtsäuren, wie die Zitronensäure sind Carbonsäuren. Man findet sie u.a. in Orangen und Zitronen.

Freies Lehrbuch der organischen Chemie von H. Hoffmeister und C. Ziegler
(unter GNU Free Documentation License, Version 1.2 (GPL)).

Die jeweils aktuellste Fassung finden Sie unter: <https://hoffmeister.it/index.php/chemiebuch-organik>

Inhalt

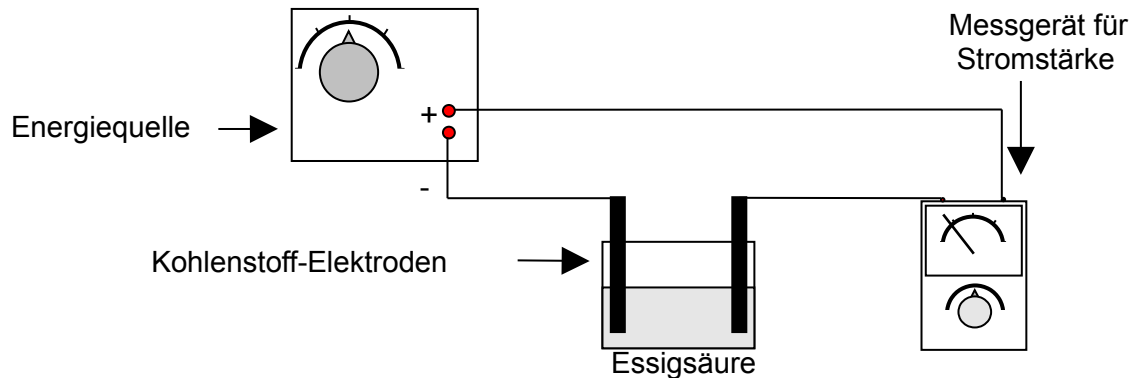
Kapitel 09: Carbonsäuren.....	1
Inhalt.....	2
Carbonsäuren (organische Säuren).....	3
Eisessig.....	4
Carbonsäuren können durch Oxidation entstehen.....	5
Die homologe Reihe der Carbonsäuren.....	5
Versuche mit Carbonsäuren.....	6
Natriumacetat reagiert mit Wasser - Protolyse.....	6
2. Reaktion von Kalk mit Carbonsäuren (mit Kohlenstoffdioxidnachweis durch Kalkwasser).....	6
Übersicht und Gliederung der Alkansäuren.....	7
a) Bekannte und wichtige Alkansäuren.....	7
b) Dicarbonsäuren und Polycarbonsäuren.....	7
c) Hydroxycarbonsäuren.....	7
d) Cyclische Carbonsäuren.....	8
Langkettige Carbonsäuren sind Fettsäuren.....	9
Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren:.....	9
Beispiele für Fettsäuren:.....	9
Typen von Carbonsäuren.....	11
Fettsäuren.....	11
Dicarbonsäuren und Polycarbonsäuren.....	11
Hydroxycarbonsäuren.....	11
d) Cyclische Carbonsäuren.....	12
Übersicht über die wichtigsten Carbonsäuren und ihre Salze.....	13
Eigenschaften der Carbonsäuren.....	14
a) Wasserlöslichkeit der Carbonsäuren.....	14
b) Schmelz- und Siedepunkte der Carbonsäuren.....	14
Dimerbildung bei Carbonsäuren.....	14
Säurestärke und der Einfluss der I-Effekte.....	15
Folie: Formeln von einigen ausgewählten organischen Säuren.....	17
Übersicht über die organischen Säuren (prüfen).....	18
Chemische Reaktionen der Carbonsäuren.....	20
Substitution einer Carbonsäure mit Chlor.....	20
Stereoisomerie (=Spiegelbildisomerie).....	21
Fischer Projektion.....	22

Carbonsäuren (organische Säuren)

V1: In konzentrierte Essigsäure werden zwei Elektroden aus Graphit gegeben und ein Stromkreis mit Ampèremeter angeschlossen (5-10 Volt Wechselspannung). Die so gemessene Stromstärke gibt Auskunft über die Leitfähigkeit der Lösung.

Nach dem ersten Messen der Leitfähigkeit wird kontinuierlich Wasser hinzugegeben und die Stromstärke beobachtet.

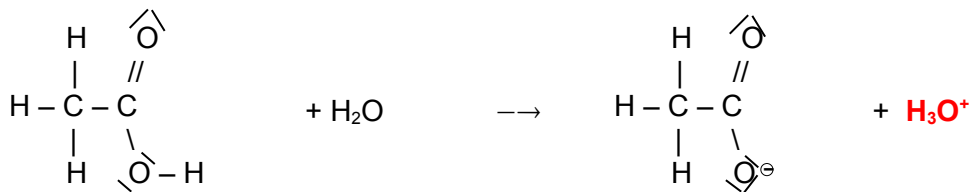
Um den Stromkreis vorher zu testen, kann die Leitfähigkeit mit Wasser gemessen werden.



B	S:
1. Essigsäure zeigt keinerlei messbare Leitfähigkeit.	=> In Lösungen können nur Ionen die Elektronen von einer Elektrode zur anderen transportieren. Liegt keine Leitfähigkeit vor, ist der Stromkreis nicht geschlossen. Also sind demzufolge keine Ionen in der Lösung vorhanden.
2. Je mehr Wasser hinzugegeben wird, desto höher steigt die Leitfähigkeit. Sie übertrifft sogar den Wert der Leitfähigkeit von reinem Wasser.	=> Durch die Zugabe von Wasser müssen sich Ionen gebildet haben.

Wo kommen diese Ionen her?

Essigsäure (Ethansäure) + Wasser \rightarrow Essigsäuresäureanion + Oxoniumion



Säure

Base

Base

Säure

stärkste Säure in Wasser
=> saure Wirkung

Genau wie die anorganischen Säuren reagieren organische Säuren in einer Protolyse mit Wasser und übertragen dabei ein Proton (Säure-Base-Reaktion). Dabei wird in Wasser das Oxoniumion gebildet, welches die stärkste Säure in wässrigen Systemen ist.

Als Protolyse bezeichnet man den Übergang eines Protons (H^+)
(von einem Molekül auf ein anderes)

Säuren sind ionogene Verbindungen und leiten demzufolge den elektrischen Strom.

Wichtige Zusatzinformationen:

- Die Heterolyse ist ebenfalls eine heterolytische Spaltung. Eine solche Aufspaltung von Verbindungen in Wasser in ihre Ionen wird auch Dissoziation genannt.
- Eine Dissoziation muss nicht vollständig sein. Bei Essigsäure dissoziiert ca. jedes 100 Molekül (\Rightarrow pH ca. 5, da die Konzentration an $\text{H}_3\text{O}^+ = 10^{-5}$ mol/l (statt 10^{-7} mol/l bei Wasser)
- Da H^+ keine Elektronen hat und nur ein Proton (und kein Neutron!), wird es unter Chemikern auch als Proton bezeichnet!
- **Wichtig: Säure und saure Eigenschaften sind keine unveränderbaren Stoffeigenschaften wie z.B. der Siedepunkt.** Essigsäure beispielsweise ist also erst in Verbindung mit Wasser eine Säure! Sauer kann folglich keine Stoffeigenschaft sein, sondern erst das Ergebnis einer Reaktion, bei der Oxoniumionen¹ entstehen.
- Umgangssprachlich sagen Chemiker oft, dass das H^+ - Ion die Säureeigenschaften ausmacht. Als Erklärung für viele Modelle ist dies auch mehr als ausreichend. Genau genommen ist es aber immer das Oxoniumion (H_3O^+), welches die sauren Eigenschaften ausmacht.
- **Zum Nachdenken:**
Du kennst jetzt die beiden Grundtypen chemischer Reaktionen:
a) Redoxreaktionen: Elektronen (e^-) werden übertragen
b) Säure-Base-Reaktionen: Protonen (p^+) werden übertragen

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Dissoziation>

Eisessig

Carbonsäuren haben durch ihren Aufbau und vor allem durch das Ausbilden starker WBBs hohe Schmelz- und Siedepunkte (im Vergleich zu Alkanen und Alkoholen gleicher Kettenlänge).

Besonders deutlich wird dies beim Gefrieren von Essigsäure.

V: Essigsäure wird in den Kühlschrank gestellt (evtl. ein gelegtes Reagenzglas)

B: Essigsäure ist nach wenigen Minuten gefroren

S: Der Schmelzpunkt von Essigsäure liegt oberhalb der Temperatur des Kühlschranks.

Kühlschränke kühlen meist im Bereich von $4-6^\circ\text{C}$, der Schmelzpunkt von wasserfreier, konzentrierter Essigsäure liegt bei $16,2^\circ\text{C}$.

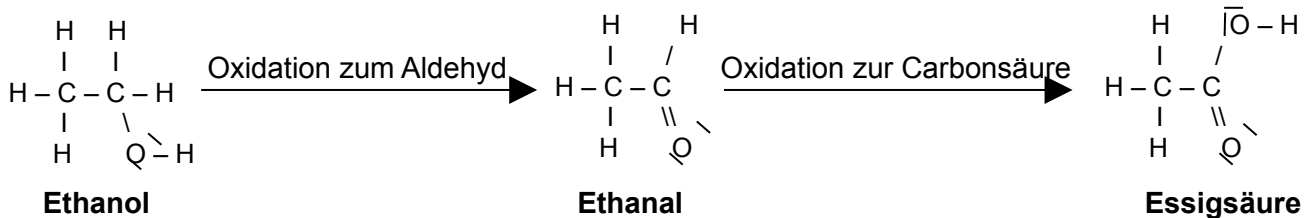
<https://de.wikipedia.org/wiki/Essigsäure>

¹ Oxonium wurde früher auch Hydroniumion genannt

Carbonsäuren können durch Oxidation entstehen

Carbonsäuren kommen in der Natur häufig vor. Sie dienen z.B. als Abwehrstoff (Ameisensäure), Fruchtsäuren, kommen in Schweiß vor und bilden Ölen, Fette, Harze und Wachse. Man findet sie ebenfalls in Geruchsstoffen und in natürlichen Aromen. Essigsäure beispielsweise entsteht durch die Oxidation von Aldehyden oder primären Alkoholen:

Stehenlassen von Wein in einer geöffneten Flasche:

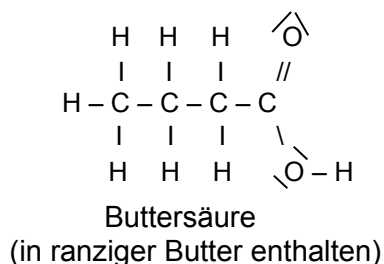
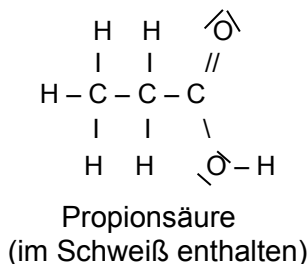


Da die Carbonsäuren sich von den Alkanen ableiten und als funktionelle Gruppe die Carboxyl-Gruppe enthalten (Achtung: das C-Atom der Carboxygruppe wird mitgezählt!), kann man entsprechend auch hier eine homologe Reihe aufstellen²:

Die homologe Reihe der Carbonsäuren

Die funktionelle Gruppe der Carbonsäuren ist die COOH Gruppe. Sie wird Carboxylgruppe genannt.

Name	Trivialname	Säurerestanion	Formel
Methansäure	Ameisensäure	Formiat	H-COOH
Ethansäure	Essigsäure	Acetat	H ₃ C-COOH
Propansäure	Propionsäure	Propionat	H ₃ C-CH ₂ -COOH
Butansäure	Buttersäure	Butyrat	H ₃ C-(CH ₂) ₂ -COOH
usw...			



Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Carbonsäuren>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ameisensäure>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Essigsäure>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Propionsäure>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Buttersäure>

² Viele Carbonsäuren unter ihrem Trivialnamen eher bekannt.

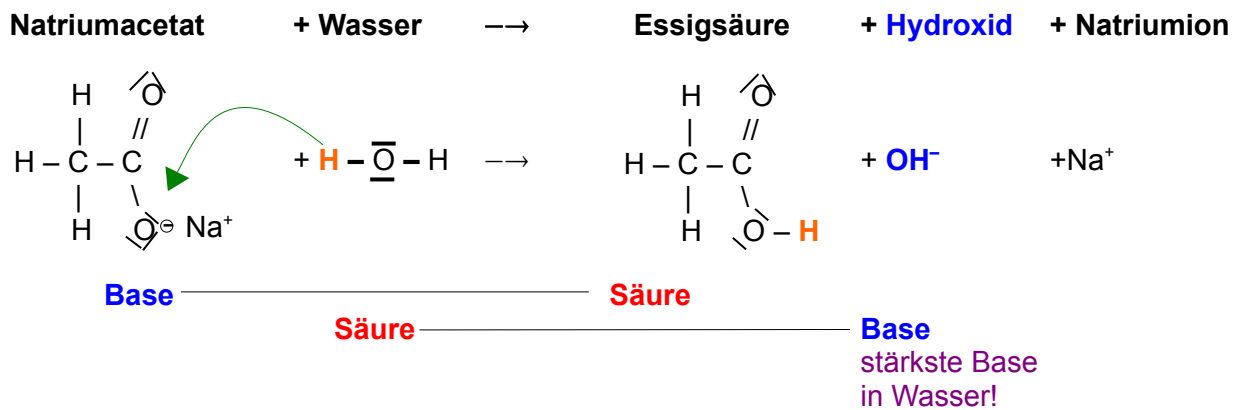
Versuche mit Carbonsäuren

Natriumacetat reagiert mit Wasser - Protolyse

V1. pH- Messung von Natriumacetat in wenig Wasser.

B: Natriumacetat zeigt mit Wasser einen leicht alkalischen pH-Wert von ca. 9.

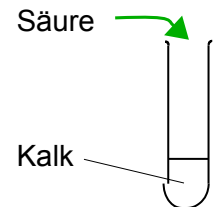
S: Nicht alle Salze reagieren mit Wasser neutral! Es gibt mit Wasser reagierende saure und alkalisch reagierende Salze. Natriumacetat ist ein Salz der Essigsäure. Es reagiert als Base, indem es ein Proton des Wassers aufnimmt. Dabei bilden sich Hydroxidionen (OH^-), welche für den gemessenen pH-Wert verantwortlich sind.



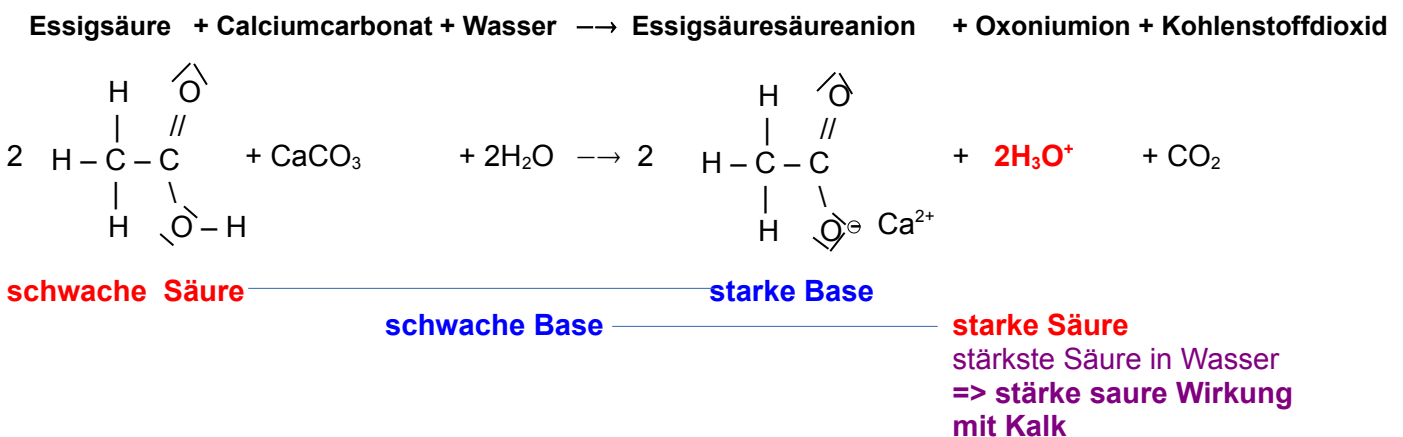
2. Reaktion von Kalk mit Carbonsäuren (mit Kohlenstoffdioxidnachweis durch Kalkwasser)

V. Essigsäure unverdünnt und verdünnt in Calciumcarbonat (Kalk) geben. Das Gas kann mit einem Stopfen und einem Glasrohr in Kalkwasser geleitet werden.

B: - Bei verdünnter Essigsäure ist die saure Wirkung viel stärker!
 - Gasentwicklung
 - (Wenn Kalkwasser verwendet wurde, trübt es sich milchig)



S: Man würde erst einmal erwarten, dass bei einer konzentrierten Säure die Reaktion heftiger ist. Zur Reaktion muss man aber wissen, dass durch Wasserzugabe eine weitere (zweite!) Säure (das Oxoniumion: H_3O^+) entsteht und diese als starke Säure viel stärker sauer als Essigsäure ist.



Kalkwasser trübt sich aufgrund des Kohlenstoffdioxids. Kalkwasser ist ein Kohlenstoffdioxidnachweis. Das entstandene Kohlenstoffdioxid lässt die Flüssigkeit aufschäumen.

Übersicht und Gliederung der Alkansäuren

a) Bekannte und wichtige Alkansäuren

Ameisensäure, Arachinsäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure, Valeriansäure, Capronsäure, Önanthsäure, Caprylsäure, Pelargonsäure, Caprinsäure, Undecansäure, Laurinsäure, Tridecansäure, Myristinsäure, Pentadecansäure, Palmitinsäure, Margarinsäure, Stearinsäure

b) Dicarbonsäuren und Polycarbonsäuren

Carbonsäure können eine oder mehrere Carboxylgruppen enthalten. Carbonsäuren mit zwei Carboxylgruppen werden Dicarbonsäuren genannt.

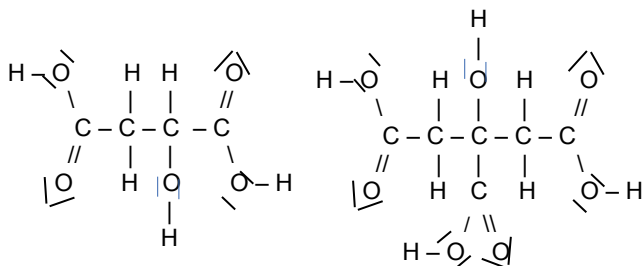
Die Vorsilben Mono-, Di- oder Tri- geben dabei natürlich die Anzahl der Carboxyl-Gruppen an

Beispiele

Oxalsäure	Oxalat	HOOC–COOH	(Ethandisäure kommt in Sauerklee vor)
Malonsäure	Malonat	HOOC–CH ₂ –COOH	
Bernsteinsäure	Succinat	HOOC–CH ₂ –CH ₂ –COOH	

c) Hydroxycarbonsäuren

Ihr Kennzeichen ist, dass sie zusätzlich zur Carboxylgruppe noch eine Hydroxygruppe (OH) haben. z.B. Milchsäure (Hydroxypropansäure), Citronensäure, Weinsäure.

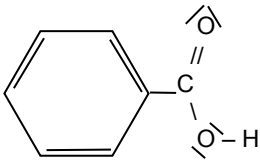


Äpfelsäure

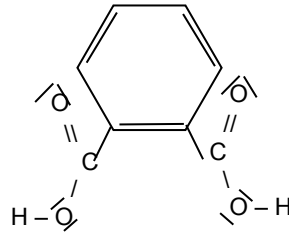
Citronensäure

d) Cyclische Carbonsäuren

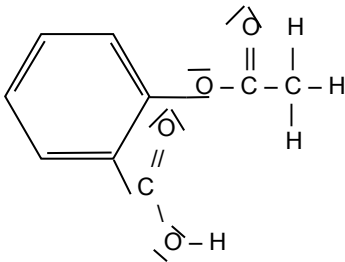
Ist die funktionelle Carboxygruppe mit einem aromatischen Ring verbunden (oft Benzol), nennt man sie Cyclo-Carbonsäuren. Der Benzolring kann zusätzlich noch mit einer OH-Gruppe verbunden sein (aromatischen Hydroxycarbonsäuren)



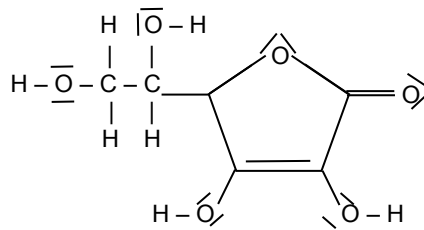
Benzolcarbonsäure (Benzoessäure)



Phthalsäure (aromatische Dicarbonsäure)



Acetylsalicylsäure (enthalten in Aspirin)



Ascorbinsäure (bekannt als Vitamin C)

Langkettige Carbonsäuren sind Fettsäuren

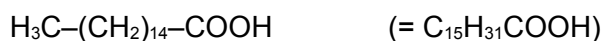
Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren:

Höhere, (langkettige) Carbonsäuren werden Fettsäuren genannt. Carbonsäuren mit mindestens vier Kohlenstoffatomen können von Lebewesen zum Aufbau von Fetten verwendet werden. Man nennt sie deshalb und auch wegen ihrer Unlöslichkeit in Wasser auch deshalb Fettsäuren. Die meisten Fettsäuren bei Säugetieren vorkommenden Fettsäuren tragen 15-16 Kohlenstoffatome. Fettsäuren sind ein Bestandteil von Fetten.

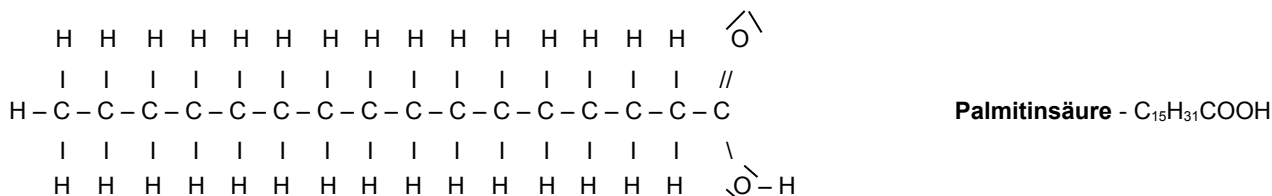
- Enthalten Fettsäuren keine Doppelbindungen, nennt man sie gesättigte Fettsäuren. Sie sind eher in tierischen Fetten zu finden.
- Ungesättigte Fettsäuren hingegen enthalten entsprechend eine oder mehrere Mehrfachbindungen. Sie sind für die menschliche Ernährung sehr wertvoll, da sie Vorstufen zu Vitaminen darstellen können. Man findet sie eher in Pflanzen und pflanzlichen Ölen.

Beispiele für Fettsäuren:

Palmitinsäure (Anion: Palmitat)



Palmitinsäure und Stearinsäure sind die mit am häufigsten vorkommenden Bestandteile pflanzlicher Fettsäuren. Palmöl besteht z.B. zu 45% daraus.

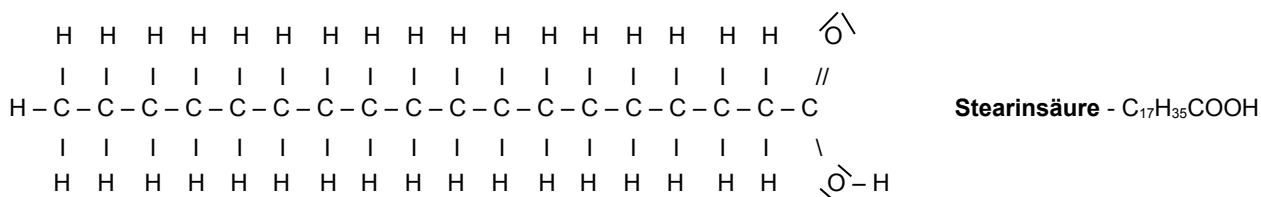


Stearinsäure (Anion: Stearat)



schwache, feste (!) Säure, bildet weiße Blättchen, Geruch nach altem Fett, nicht wasserlöslich, Verwendung als Zusatzstoff in Waschmitteln. Das Natriumsalz Natriumstearat wird als Reinigungsmittel verwendet, auch Zusatzstoff der Lebensmittelindustrie, manchmal Wachsbestandteil. Stearinsäure ist Ausgangsstoff zur Herstellung von Kernseife und somit in vielen Waschmitteln vorhanden. Ebenfalls für Kosmetika verwendet (Cremes)

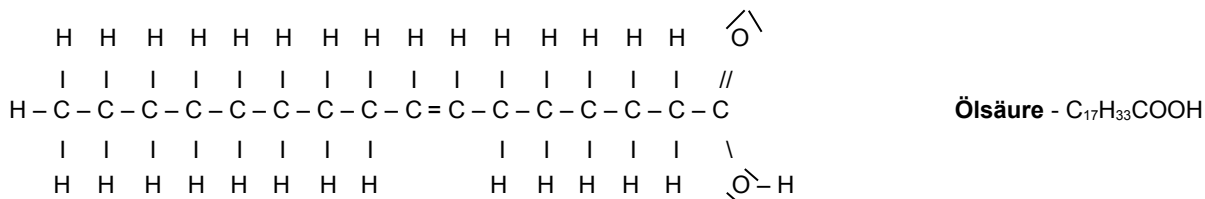
Als ungesättigte Fettsäure v.a. im Schweinefett (14%), im Rinderfett (20%), und auch in der Milch (im Milchfett 13%) zu finden. <https://de.wikipedia.org/wiki/Stearinsäure>

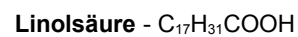
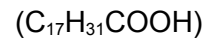
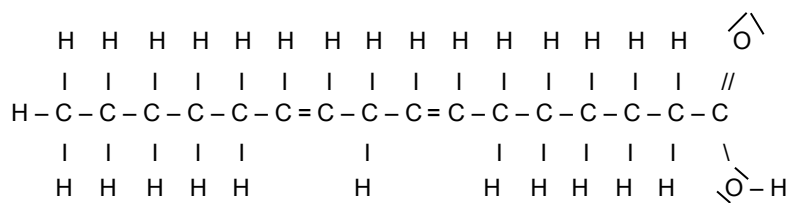


Ölsäure (Anion: Oleat)



Bestandteil der entsprechenden Triglyceride sehr vielen natürlichen Ölen und Fetten vor, z.B.: Olivenöl (55-80 %), Traubenkernöl (15-20 %) und Erdnussöl.



Linolsäure

Typen von Carbonsäuren

Fettsäuren

- langkettige Carbonsäuren
- ohne Doppelbindungen = gesättigte Fettsäuren (oft tierischer Herkunft)
- mit Mehrfachbindungen = ungesättigte Fettsäuren (oft pflanzlicher Herkunft, ernährungsphysiologisch wertvoll)

Beispiele

Palmitinsäure	Palmitat	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$
Stearinsäure	Stearat	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$

Dicarbonsäuren und Polycarbonsäuren

- enthalten eine oder mehrere Carboxylgruppen (Vorsilben Mono-, Di- oder Tri- geben die Anzahl der Carboxylgruppen an)

Beispiele

Oxalsäure	Oxalat	$\text{HOOC}-\text{COOH}$
Malonsäure	Malonat	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Bernsteinsäure	Succinat	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$

Hydroxycarbonsäuren

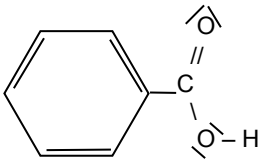
- enthalten noch zusätzlich eine Hydroxygruppe (OH)

Beispiele:

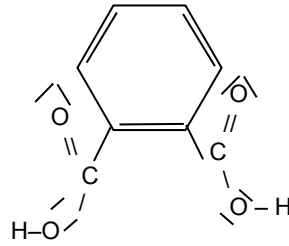
Milchsäure (Hydroxypropansäure)
 Citronensäure
 Weinsäure ($\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$)

d) Cyclische Carbonsäuren

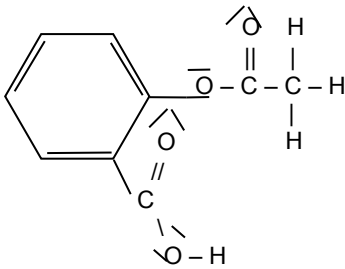
- Die funktionelle Carboxylgruppe ist zusätzlich mit einem aromatischen Ring verbunden.
- Der Benzolring kann zusätzlich noch mit einer OH-Gruppe verbunden sein (aromatischen Hydroxycarbonsäuren)



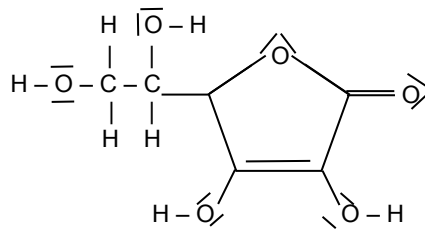
Benzolcarbonsäure (Benzoessäure)



Phthalsäure (aromatische Dicarbonsäure)



Acetylsalicylsäure (enthalten in Aspirin)



Ascorbinsäure (bekannt als Vitamin C)

Übersicht über die wichtigsten Carbonsäuren und ihre Salze

Wenn eine Carbonsäure dissoziiert, dann entsteht ein Proton und ein Säurerestanion. Das Säurerestanion kann sich aufgrund seiner negativen Ladung leicht mit einem positiv Metallkation (z.B. Na⁺ oder K⁺) vereinigen und so ein Salz bilden. Diese Salze heißen entsprechend den anorganischen Salzen nach dem Metallnamen und dem Säurerestnamen.

Säure	Säurerestion	Beispielsalz
Oxalsäure	Oxalat	Natriumoxalat
Buttersäure	Butyrat	Natriumbutyrate
Malonsäure	Malonat	Natriummalonat
Bernsteinsäure	Succinat	Natriumsuccinat
Palmitinsäure	Palmitat	Natriumpalmitat
Stearinsäure	Stearat	Natriumstearat
Milchsäure	Lactat	Natriumlactat
Citronensäure	Citrat	Natriumcitrat
Weinsäure	Tartrat	Natriumtartrat
Äpfelsäure	Malat	Natriummalat
Ascorbinsäure	Ascorbat	Natriumascorbat

Beispiele

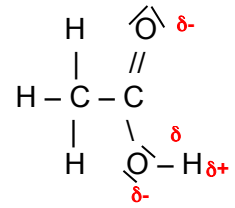
Palmitinsäure	Palmitat	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$
Stearinsäure	Stearat	$\text{H}_3\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$

Oxalsäure	Oxalat	$\text{HOOC}-\text{COOH}$
Malonsäure	Malonat	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
Bernsteinsäure	Succinat	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$

Eigenschaften der Carbonsäuren

a) Wasserlöslichkeit der Carbonsäuren

Kurzkettige Carbonsäuren (bis C_8) sind bei Raumtemperatur flüssig. Durch ihre hohe Polarität lösen sie sich gut in Wasser. Dabei geben sie ihr Proton ab (Dissoziation in Ionen). Aber nur kurzkettige Carbonsäuren (bis C_4) sind wasserlöslich, da bei ihnen der polare Anteil der Carboxylgruppe gegenüber der unpolaren Kohlenstoffkette überwiegt. Wasserstoffbrückenbindungen erhöhen die Wasserlöslichkeit.



Je länger nun die apolare Kohlenstoffkette wird, desto mehr nehmen deren apolare Eigenschaften zu, die Van-der-Waals-Kräfte steigen und die Siedepunkte nehmen auch zu. So ist die Pentansäure kaum noch in Wasser löslich.

Die Löslichkeit von Stoffen hängt davon ab, wie sehr sie mit einem Lösungsmittel in Wechselwirkung treten.

Ist das Lösungsmittel Wasser, so muss man die Wechselwirkungen (Dipol-Dipol-Kräfte, Wasserstoffbrückenbindungen und Ionenladungen gegenüber dem Anteil an hydrophoben Molekülgruppen im Molekül berücksichtigen.

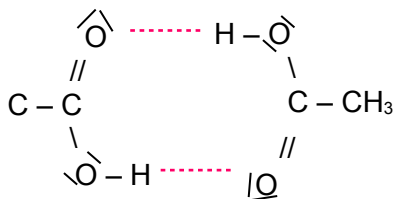
b) Schmelz- und Siedepunkte der Carbonsäuren

Die feste Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen und die daraus resultierenden hohen Siedepunkte haben bei Carbonsäuren die Konsequenz, dass sie in der Reihe Alkane \rightarrow Aldehyde \rightarrow Alkohole \rightarrow Carbonsäuren die höchsten Siedepunkte bei gleicher Kohlenstoffkettenlänge haben.

=> kürzerkettige Carbonsäuren (bis Octansäure) sind wasserlöslich und bei Raumtemperatur flüssig. Carbonsäuren längerer Kohlenwasserstoffketten sind dickflüssiger und ihr apolarer Charakter nimmt deutlich zu. Fettsäuren sind kaum noch wasserlöslich.

Dimerbildung bei Carbonsäuren

Verstärkt wird dieser Effekt durch die bei Carbonsäuren typische Bildung von „Dimeren“ - dabei handelt es sich um eine Form von Assoziation zwischen jeweils zwei Molekülen:



Zwei Moleküle bilden einen lockeren Verband (ein **Dimer**) - dieser zusätzliche Zusammenhalt erhöht Schmelz und Siedepunkte der Carbonsäuren. So liegen Smp. und Sdp. wesentlich höher als die der vergleichbaren Alkohole.

Säurestärke und der Einfluss der I-Effekte

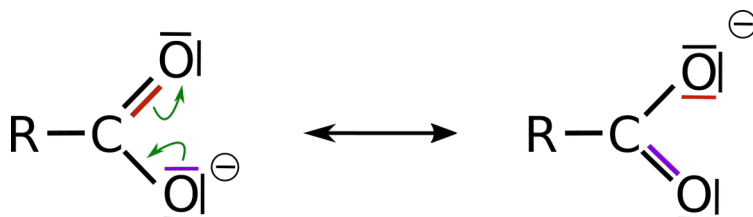
Die O-H Bindung ist durch den -I-Effekt des anderen (hier: oberen) Sauerstoffatoms stark polarisiert. Entsprechend wie die Wasserlöslichkeit nimmt auch die Dissoziation und die damit verbundene Säurestärke mit zunehmender Kettenlänge der Carbonsäuren ab.

Vergleich³:

pKs-Wert Ameisensäure = 3,65

pKs-Wert Essigsäure = 4,65

Generell ist die Säurestärke vor allem von der Elektronegativität des Atoms, an welches das H-Atom gebunden ist abhängig. Ein weiterer Effekt ist die anschließende Stabilisierung des negativ geladenen Anions (Säurerests) durch Elektronen ziehende Effekte sowie durch Mesomerie der Doppelbindung:



Mesomerie: Grenzstrukturen zeigen eine Delokalisierung der Doppelbindung

Herstellung:

Carbonsäuren können durch Oxidation von Alkoholen oder Aldehyden sowie durch die Reduktion von Kohlendioxid (mit Grignard- Verbindungen) hergestellt werden.

Der Hauptanteil der Produktion geschieht allerdings durch Gärung (Essigsäureproduktion durch Gärung im sauerstoffreichen Milieu). Dies geschieht schon durch stehenlassen einer offenen Weinflasche nach wenigen Tagen.

Verwendung:

Carbonsäuren und ihrer Salze werden zu vielen Zwecken verwendet:

- Zusatzstoffe und Konservierungsstoffe in Lebensmitteln.
- Herstellung von Seifen (Tensiden)
- Ausgangsstoffe sowie Zwischenprodukte für weitere organischen Synthesen
 - u.a. - Herstellung von Riechstoffen (als Basis für Ester)
 - Herstellung von Kunststoffen
 - Medikamentenherstellung
 - Farbstoffherstellung
 - Kunstharzherstellung

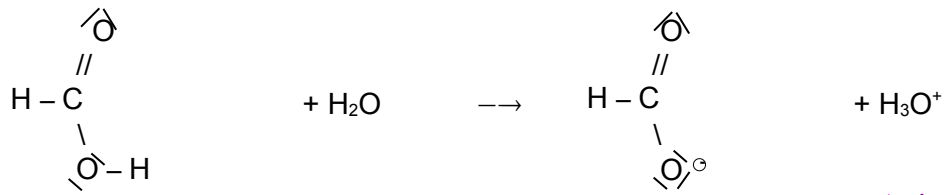
Aufgaben:

1. Was versteht man unter einem korrespondierendem Säure-Base-Paar? Erstelle zur Erklärung eine beliebige Reaktionsgleichung einer Neutralisation und kennzeichne es.
2. In welche Ionen dissoziiert Ameisensäure?
3. Welchen Einfluss haben andere Faktoren auf die Leitfähigkeit bei Messungen von Flüssigkeiten?
4. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Ionenanzahl einer Lösung und der sich daraus ergebenden Erhöhung der Leitfähigkeit?
5. Reines (destilliertes) Wasser hat auch eine leichte Leitfähigkeit. Sie lässt nach Berechnung auf eine Konzentration von ca. 10^{-7} mol Ionen pro mol Wasser schließen. Weißt Du welches Ion (welche Ionen) hier für die Leitfähigkeit verantwortlich sind?
6. Je länger die Kohlenstoffkette einer Monocarbonsäure, desto geringer wird ihre Leitfähigkeit. Finde verschiedene Ursachen für diesen Befund!
7. Was versteht man unter Mesomerie?

³ Zur Erklärung pKs- Wert (=Säurestärke) siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/pKs-Wert>

Lösungen:

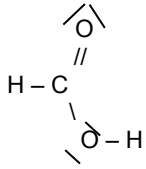
1. Ameisensäure (Methansäure) + Wasser \rightarrow Ameisensäureanion + Oxoniumion



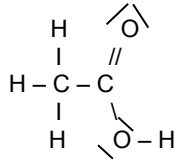
stärkste Säure in Wasser
=> saure Wirkung

Folie: Formeln von einigen ausgewählten organischen Säuren**Monocarbonsäuren:**

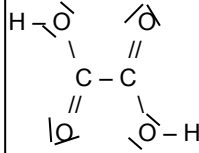
Ameisensäure



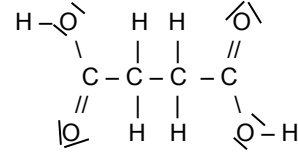
Essigsäure

**Dicarbonsäuren:**

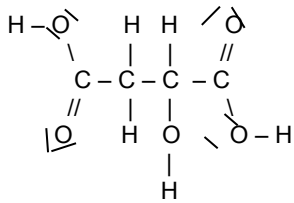
Oxalsäure



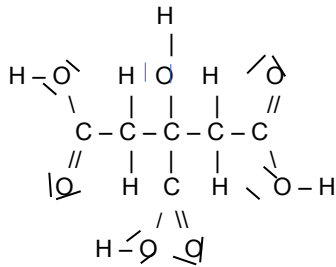
Bernsteinsäure

**Hydroxycarbonsäuren:**

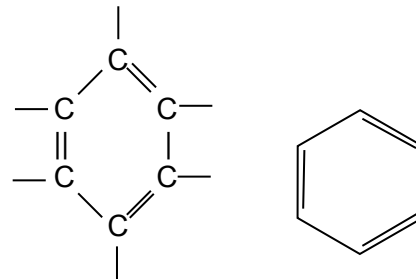
Äpfelsäure



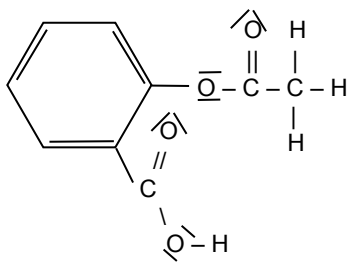
Zitronensäure

**Zur Erinnerung:**

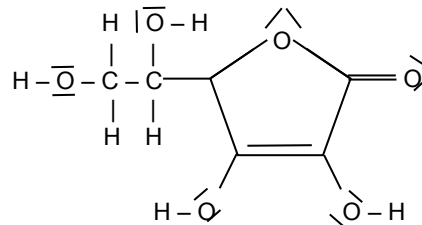
Der sechseckige Ring steht für eine zyklische Kohlenstoffverbindung mit der Formel C_6H_6

**Säuren mit aromatischen Ring:**

Acetylsalicylsäure



Ascorbinsäure

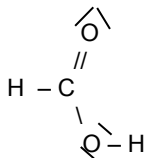
**Aufgaben:**

1. Wie stellt man mit den Metallen Magnesium, Calcium, Zink oder Eisen die entsprechenden Acetate her? (Welche Gemeinsamkeit haben diese Metalle?)

Übersicht über die organischen Säuren (prüfen)

Die Carbonsäuren beinhalten eine große Gruppe von organischen Säuren, die in der Natur weit verbreitet sind.

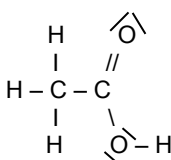
Methansäure (Ameisensäure)



Ameisensäure ist eine farblose, ätzende und in Wasser lösliche Flüssigkeit. Durch die stark polare Carboxylgruppe ist Ameisensäure in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar. Der Schmelzpunkt liegt bei 8°C, der Siedepunkt bei 100,7°C. Sie dient Ameisen als Abwehrstoff. Sie reicht demzufolge stechend riechend und reizt die Haut, Augen und Atemwege. Man findet sie ebenfalls in Qualen sowie in Brennesseln mit Natriumformiat als Nesseltgift und in verschiedenen Laufkäferarten als Verteidigungswaffe. Da sie auch bakterienabtötend wirkt, wird sie in der Lebensmittelchemie zur Konservierung verwendet (E236), z.B. von Fruchtsäften. Salze der Ameisensäure werden Formiate genannt und als in der Textil- und Lederindustrie zum Imprägnieren oder Beizen von Leder sowie zur Konservierung als Natriumformiat (E237) und Calciumformiat (E238) verwendet.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ameisensäure>

Ethansäure (=Essigsäure)



Essigsäure ist im allgemeinen in seiner mit Wasser verdünnten Form als Essig bekannt. Ihr typischer Geruch macht sie leicht erkennbar. Reine, wasserfreie Essigsäure ist eine wasserklare Flüssigkeit, welche schon bei 16,5°C (Smp.) erstarrt. Die feste Essigsäure nennt man auch Eisessig. Ihr Sdp ist mit 118°C relativ hoch im Vergleich zu andern polaren Stoffen mit vergleichbarer molarer Masse. Ursache ist die Ausbildung von Dimeren. Auch wenn Essig nur schwach sauer ist (nur ca. 5% konzentriert), so ist konzentrierte Essigsäure recht stark ätzend. Sie greift Kalk (deshalb Verwendung in WC-Reinigern) und unedle Metalle an. Zusätzlich ist sie brennbar. Ihre Salze heißen Acetate.

Ihre keimabtötende Wirkung macht man sich als Konservierungsstoff für Lebensmittel (E260) zunutze. Auch die Salze Kaliumacetat (E261), Natriumacetat (E262) und Calciumacetat (E263) werden als Konservierungsmittel verwendet (für Obst- und Gemüsekonserven).

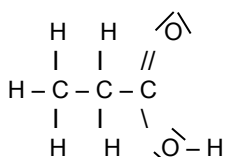
Wein oxidiert an der zur Essigsäure. Dieses Verfahren wurde bereits in der Antike angewandt.

Essigsäure wird als Zwischenprodukt der chemischen Industrie z.B. für die Herstellung von Kunststoffen und Kunstfasern verwendet.

Hergestellt wird sie großtechnisch entweder durch Bakterien (Acetobacter), welche auch unter Sauerstoffmangel (vergleichbar den Hefen) eine Ethanolgärung durchführen könnten) oder durch Reaktion von Methanol mit Kohlenmonoxid.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Essigsäure>

Propansäure (=Propionsäure)

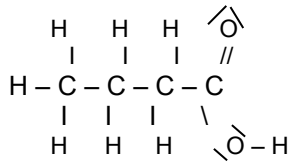


Propansäure ist eine klare, ölige Flüssigkeit mit stechenden und unangenehmen ranzigem Geruch, sie reizt die Augen und Atemwege. Als schwache Säure wirkt sie keimtötend (=> Verwendung als Konservierungsstoff und Insektizid). Die Salze heißen Propionate.

Sie kommt in einigen natürlichen ätherischen Ölen sowie in wenigen Bakterienarten vor (Käseherstellung: Propionsäurebakterien bilden bei Hartkäsen, wie dem Emmentaler neben dem Aroma auch (durch CO₂ Freisetzung) die typischen Löcher. Propionsäurebakterien findet man auch unter Destruenten, welche Biogas aus organischen Abfällen produzieren.

Verwendung: Ausgangsstoff zur Herstellung von Kunststoffen, Herbiziden, Medikamenten. In Lebensmitteln als E 280 (sowie als Natriumpropionat (E 281), Calciumpropionat (E 282) und Kaliumpropionat (E 283)) wird sie als Schimmelprophylaxe eingesetzt - z.B. manchmal bei abgepacktem Brot.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Propionsäure>

Buttersäure

Buttersäure ist eine farblose Flüssigkeit, mit einem Geruch nach Erbrochenem bzw. ranziger Butter. Die Dämpfe der Säure sind noch leicht ätzend und reizen z.B. die Augen.

Buttersäure entsteht in der Natur durch Buttersäuregärung, z.B. beim Ranzigwerden von Butter. So auch im menschlichen Darm. Die durch die Bakterien abgegebene Buttersäure macht Abschnitte des Darms für Pilze und Bakterien, wie die Salmonellen zum Überleben zu sauer.

Die Salze und heißen Butyrate.

Sie wird zum Beispiel als Ausgangsstoff für Ester als Duft- oder Aromastoff verwendet. z.B. bildet sie mit Ethanol, eine Art Ananasaroma:



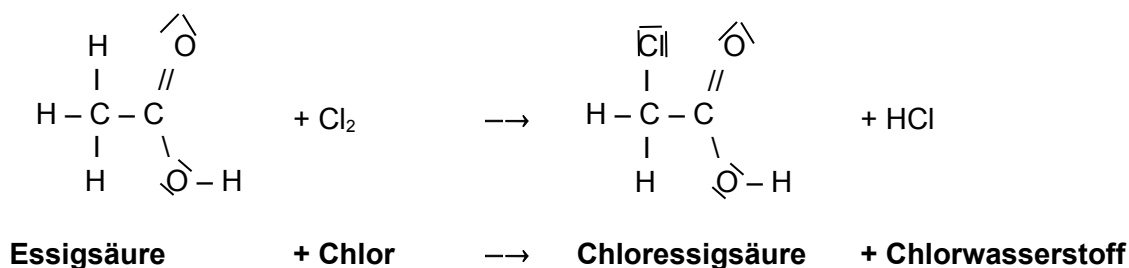
Weiter stellt man aus ihr Cellulosebutyrat (=ein witterungsbeständiger und fester Kunststoff), Medikamente und Insektizide her.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Buttersäure>

Chemische Reaktionen der Carbonsäuren

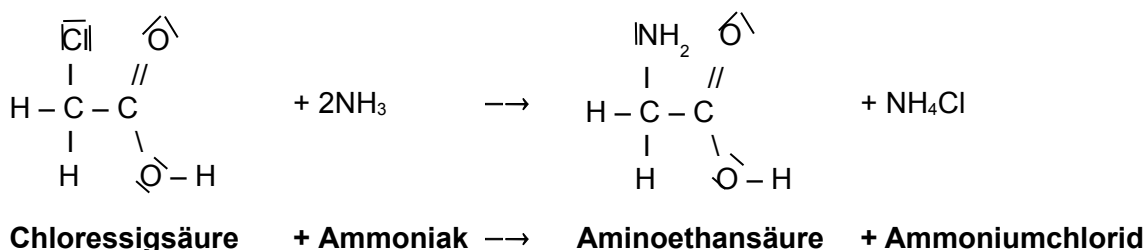
- Die bekannteste Reaktion der Carbonsäuren ist die Esterbildung aus Carbonsäure und Alkoholen. (Siehe dazu Kapitel „Ester“). Ein Sonderfall stellt dabei die Veresterung von Glycerin mit drei Fettsäuren dar. Es entstehen die zum Membranaufbau bei Menschen verwendeten Triglyceride.
- Eine weitere bekannte Reaktion ist die Substitution. Besonders Halogene lassen sich an die Kohlenstoffkette anlagern (=> Halogencarbonsäuren entstehen). Halogencarbonsäuren sind reaktiver und stärker sauer (durch den I-Effekt des Halogens) als ihre nicht halogenierten Gegenstücke. Mit Wasser reagieren die Halogencarbonsäuren wieder zurück zur Carbonsäure und dem entsprechenden Halogenwasserstoff.

Substitution einer Carbonsäure mit Chlor



Substituiert man halogenierte Carbonsäuren mit Ammoniak (NH₃) bilden sich Aminosäuren - bekannt aus der Biologie. Aminosäuren sind die Grundbausteine der Eiweiße.

Bildung einer Aminosäure aus einer Halogencarbonsäure:



- Saure Reaktion der Carbonsäuren: Wie schon erwähnt spalten vor allem kürzerkettige Carbonsäuren recht leicht ihr Proton ab und reagieren unter Bildung in Wasser von H₃O⁺ sauer. Günstig wirkt dabei die Mesomeriestabilisierung des Anions.

Beachte den Einfluss der Substituenten auf die Säurestärke:

Substituenten mit -I-Effekt erhöhen die Säurestärke (also geringer pKs).

Substituenten mit +I-Effekt verringern die Säurestärke (hoher pKs)

Aufgabe:

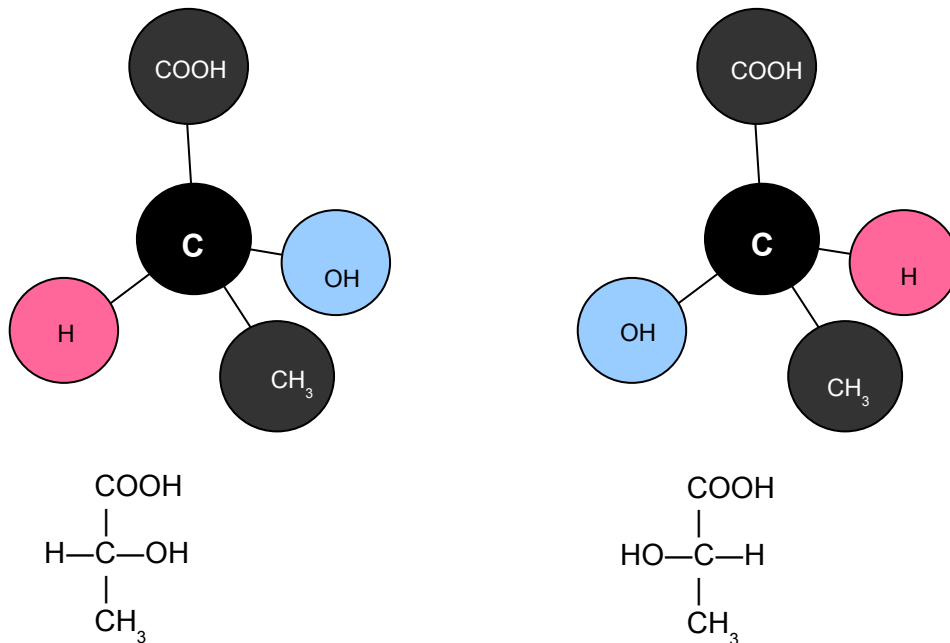
- Erkläre den Zusammenhang zwischen dem I-Effekt und der resultierenden Säurestärke mit eigenen Worten

Stereoisomerie (=Spiegelbildisomerie)

Milchsäure ist u.a. das Produkt der Milchsäurebakterien. Diese befinden sich bei Menschen und Wirbeltieren auf der Haut und leben mit diesen in Symbiose (zum gegenseitigen Nutzen). Sie werden vom Körper u.a. über den Schweiß ernährt und scheiden als Stoffwechselendprodukt Milchsäure aus. Diese schützt uns Menschen beispielsweise vor Hautpilzen und anderen (schädlichen) Bakterien.

Milchsäurebakterien befinden sich auch am Euter der Kuh. So gelangen sie in die Milch und nach wenigen Tagen, haben sie sich ausreichend vermehrt und soviel Milchsäure hergestellt, dass die Milch sauer wird. Bei der Herstellung von vielen Milchprodukten (z.B. der Joghurtherstellung) macht man sich dies zunutze.

Wenn man die Milchsäure im Labor untersucht, stellt man fest, dass es zwei Isomere gibt. Da sie sich im Aufbau wie Spiegelbilder zueinander verhalten, nennt man diese auch Spiegelbildisomere (oder Stereoisomere)



Rechtsdrehende Milchsäure

D(-)-Milchsäure
(lat.: dexter = rechts)

Linksdrehende Milchsäure

L(+)-Milchsäure
(lat.: laevus = links)

Stellt man die Kohlenstoffkette von oben nach unten dar (nach Fischer), so erkennt man, dass der Wasserstoff und das Hydroxid sowohl einmal links oder rechts liegen können. Durch einfaches Drehen der Verbindung kann man beide Formen nicht ineinander überführen.

Dies tritt immer dann auf, wenn vier unterschiedliche Substituenten an einem Kohlenstoffatom sitzen. Solche Substanzen, die sich spiegelbildlich zueinander verhalten, nennt man auch Enantiomere (griechisch: enantios = entgegengesetzt).

(Man nennt solche Verbindungen auch chirale Verbindungen (nicht deckungsgleich), das Phänomen auch Chiralität. In allen Fällen liegt ein zentrales asymmetrisches Kohlenstoffatom vor)

Die bekanntesten chiralen Verbindungen sind Zucker, einige Carbonsäuren wie Milchsäure und Weinsäure sowie die Aminosäuren.

Chirale Verbindungen lassen sich durch polarisiertes Licht unterscheiden, deshalb spricht man in diesem Zusammenhang auch oft von optischer Aktivität.

Ein Gemisch aus links- und rechtsdrehenden Substanzen wird auch Racemat genannt.

Stereoisomere haben die gleiche Summen- und Strukturformel (=Konstitutionsformel), aber nicht die gleiche räumliche Anordnung der Substituenten.

Zusatzinformationen:

Es gibt Stereoisomere, die keine Enantiomere sind. Man bezeichnet als Diastereomere.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Isomerie>

Aufgaben:

1. Zeichne beide Isomere der Weinsäure.

Fischer Projektion

Die Fischer-Projektion erlaubt das Darstellen der optisch aktiven Substanzen auf dem Papier.

Regeln:

1. Die Kohlenstoffkette wird senkrecht angeordnet, sodass das C-Atom mit der höchsten Oxidationszahl oben ist.
2. Die restlichen Substituenten werden horizontal angeordnet.
3. Gruppen, die waagrecht am C* sitzen, zeigen nach vorne aus der Tafelenebene.
Gruppen, die senkrecht am C* sitzen, zeigen nach hinten aus der Tafelenebene.
4. Das Enantiomer wird nach der Stellung der funktionellen Gruppe am C* bezeichnet.
 - Steht die funktionelle Gruppe nach links → L-Form.
 - Steht die funktionelle Gruppe nach rechts → D-Form.

Zusatzinformationen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Fischer-Projektion>

https://de.wikipedia.org/wiki/Hermann_Emil_Fischer