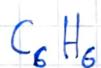


Aromatische Verbindungen

ursprünglich 2 große Gruppen

- aliphatische Verbindungen
- aromatische Verbindungen (wohlriechend)

Benzin (Benzol): Stammverbindung aller Aromaten. Flüssig, farblos, brennbar, giftig, krebserregend, Siedepunkt $t_b = 80^\circ\text{C}$



1825: Erstmals aus Steinkohle-Teer isoliert.

1861: Kekulé, Joseph Loschmidt \rightarrow cyclische Strukturformel

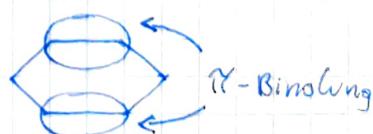
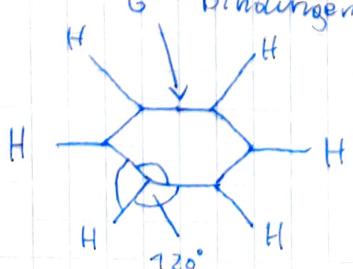
1831: Mesomerieformel durch XRD (Röntgenbeugung / Röntgen Kristallstrukturanalyse)



gleicher Bindungsabstand C-C: $0,139 \text{ nm}$

Alkane C-C: $0,154 \text{ nm}$

Alkene C=C: $0,134 \text{ nm}$



Keine Br_2 (Brom) - Addition \rightarrow Ring ist stabiler als Ring mit 3-Doppelbindungen



Resonanz: (auch Resonanz) bedeutet, dass ein Moleköl* zwischen darstellbaren Grenzstrukturen einnimmt.

Der Zwischenzustand ist stabiler als die Grenzstrukturen.

*: einen Zwischenzustand

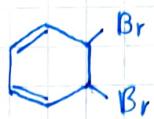
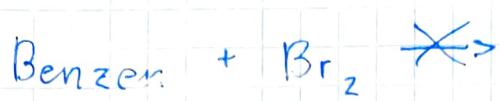
\rightarrow Aromaten im Vergleich zu ungesättigten Verbindungen recht stabil.

Benzin vs. hypothetisch



Cyclohexa-1,3,5-trien

Chem. Reaktionen aromatischer Verbindungen



Keine Addition

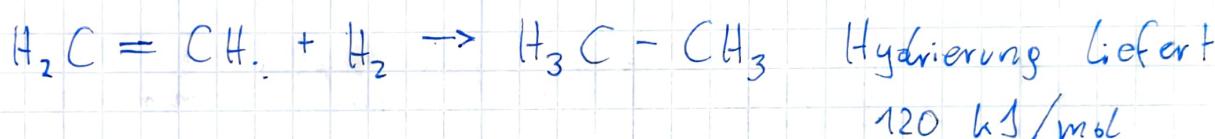


Substitution

wie bei Alkanen

Verglichen mit Alkanen reaktionsfähig!

Aufgrund der Stabilität oder Pi-Elektronenwolke.



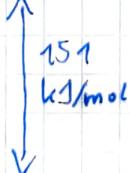
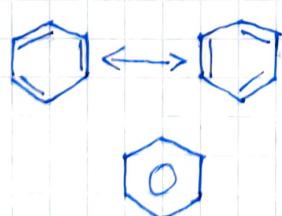
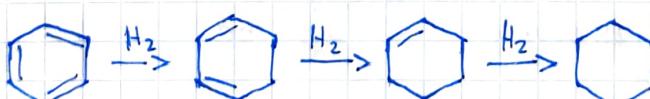
für 3 Doppelbindungen wären das: 360 kJ/mol

in Wirklichkeit: 209 kJ/mol

$$\Delta = 151 \text{ kJ/mol}$$



Resonanzenergie



Resonanzenergie

Um diesen Betrag stabiler als Verbindung mit 3-Doppelbindungen

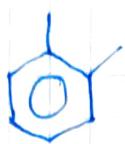
Aromat = mesomeriestabiles Ring system

Aromaten mit Seitenketten



Toluol / Toluol

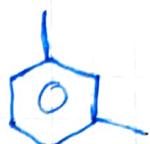
Methylbenzen



ortho-Xylool

O-Xylool

1,2-Dimethylbenzen



meta-Xylool

1,3-Dimethylbenzen



para-Xylool

1,4-Dimethylbenzen

Nitroverarbeitung: Toluol + Xylool - Isomergemisch



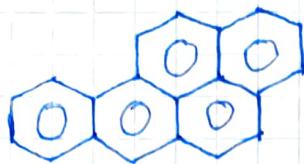
Konkatenierte Aromaten

Mit einem oder verbundene Ringe besitzen mehrere gemeinsame C-Atome.



C₁₀H₈

Naphthalin (fest)



Benzpyren

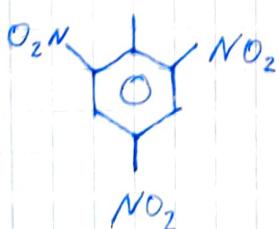
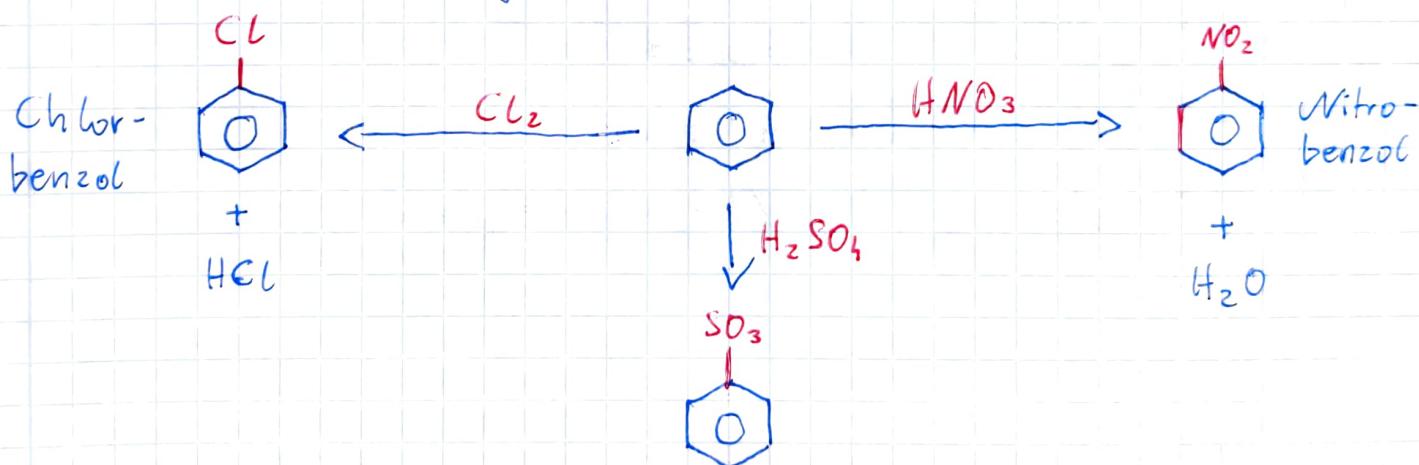
giftig, krebs-erregend

enthalten in: Diesel - Ruß, Fleischverbrennung

Hauptsächliche Reaktion an Aromaten

ist die elektrophile Substitution

π - e^- -Wolke: hohe neg. Ladung \rightarrow
man braucht positiven (elektrophilen)
Angriffspunkt



TNT - Trinitrotoluol

Halogenkohlenwasserstoffe

R-X X = Halogene

Herstellung: durch radikalische Substitution (S_R)

Eigenschaften:

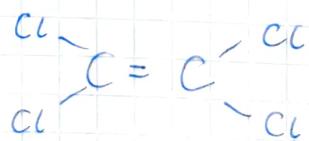
- Bei Raumtemp. flüssig
- Riechen süßlich
- Mit H₂O nicht mischbar / Lipophil
- gute organische Lösungsmittel
- nicht brennbar
- sehr stabil
- schlecht abbaubar
- Ozonschicht zerstören
- sehr giftig / krebserregend

Verwendung:

1) als Lösungsmittel

Tetrachlorethen

(Perchlorethylen)



→ chem. Reinigungsmittel

→ Fettlösemittel (Metallindustrie)

Dichlormethan Cl₂CH₂

(Methylenchlorid)

→ Fettlösemittel

→ Lösungsmittel für organische Synthese

zur Entkoffeinierung von Kaffee (ungeröstet)
Restgehalt (DCM): max. 2 mg/kg

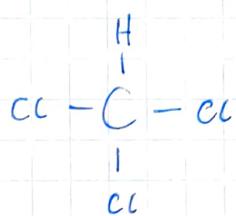
2) Narkosemittel

Trichlormethan



"Chloroform"

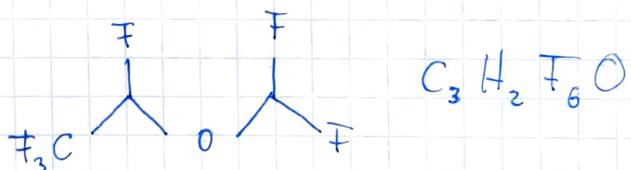
$$t_b = 61^\circ$$



heute: "Fluran"

Nur geringe Nebenwirkungen in Verbindung mit älteren Narkosemitteln.
Mit F. u. Cl halogenierte Ether
 $\text{R}-\text{O}-\text{R}$

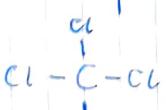
z.B. Desfluran



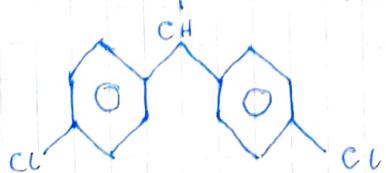
3) Pestizide (Pflanzenschutzmittel)

- Insektizide (gegen Insekten)
- Herbizide (gegen Beikräuter)

Hochwirksames Insektizid gegen die Anophelesmücke (Malaria)



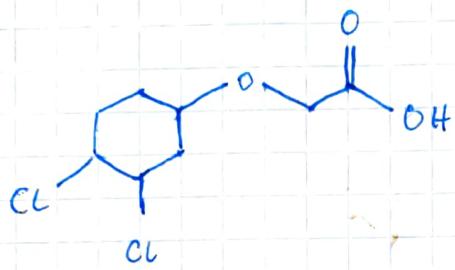
Dichlordiphenyltrichlorethan



DDT

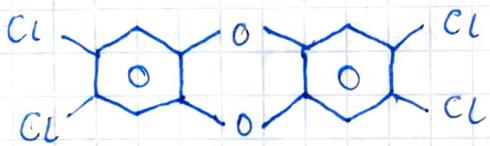
In vielen Ländern verbot, wegen Umweltstabilität

Totalherbizid „Agent Orange“ → Vietnamkrieg



2,4-Dichlorophenoxyessigsäure
Verboten!

Produktionsbedingt verunreinigt mit Dioxin



2,3,7,8-Tetrachlorodibenzodioxin LD = 1 mg

Alkohol

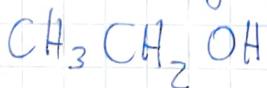
R - OH Hydroxygruppe

R = Rest, CH₃

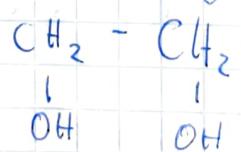
Einteilung:

a) Wertigkeit (Anzahl der OH-Gruppe)

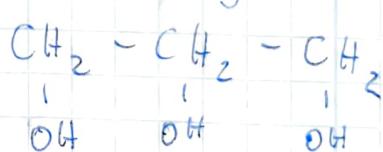
1-wertig



2-wertig



3-wertig

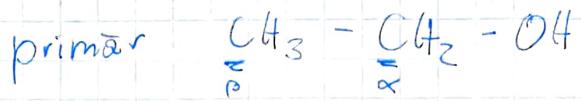


Ethanol

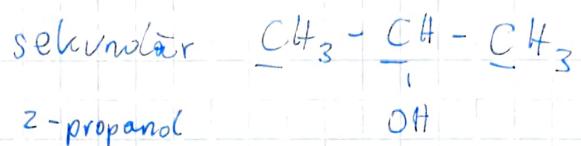
Ethanol-1,2-diol
„Glycol“

Propan-1,2,3-triol
„Glycerin“

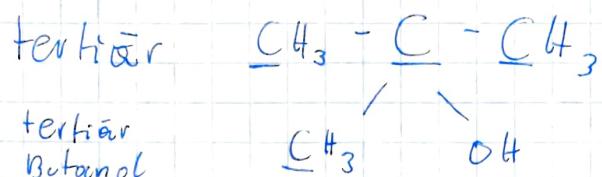
b) Stellung der OH-Gruppe



α -C mit max. 1
weiteren C-Atom

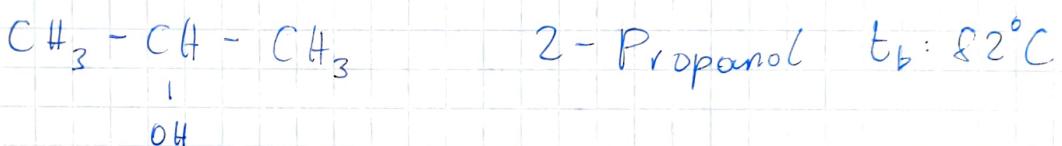


α -C mit zwei
weiteren C-Atomen



α -C mit drei
weiteren C-Atomen

Bei Propanol zwei Isomere Verbindungen



Physikalische Eigenschaften

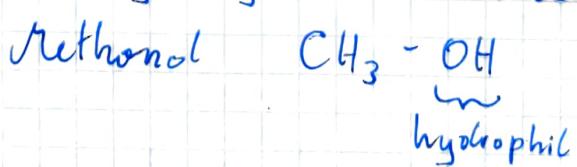
- höherer Siedepunkt als Alkane mit gleicher Molekülmasse

z.B. Propan $M = 66 \text{ g/mol}$

Ethanol $M = 46 \text{ g/mol}$

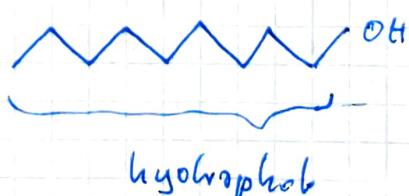
Wegen Wasserstoffbrückenbindung zw. Alkoh.

- kurzketige gut wasserlöslich



- langketige schlecht wasserlöslich

z.B. Nonanol



Oxidation

prim

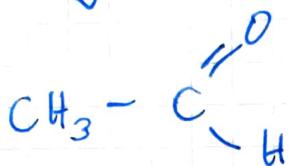
z.B. mit CuO



sel



① ↓



Ethanal
(Acetaldehyd)

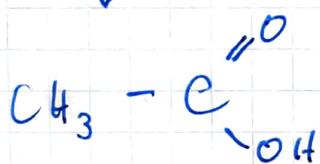
2-Propanol

① ↓



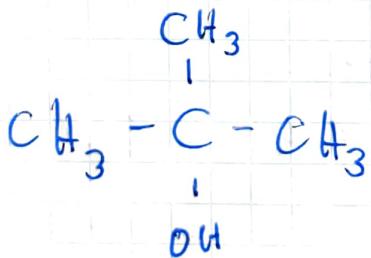
Propanon
(Aceton)

② ↓



Ethansäure
Essigsäure

tert



✗
↓

No - Go

Prim. Alkohole → Aldehyd → Carbonsäure

Sek. Alkohole → Keton

Tert. Alkohole ✗ N.A.

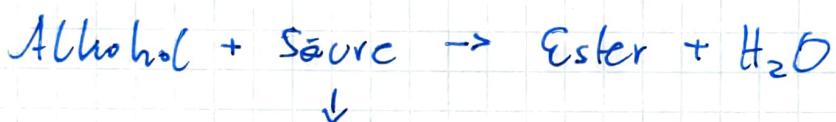
Verbrennung:



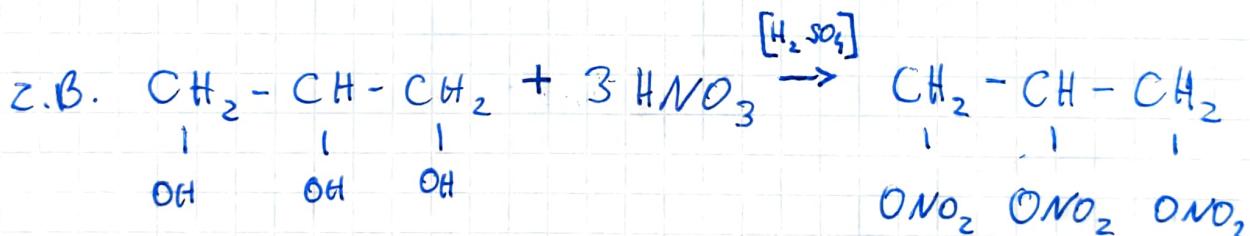
Heizwert MJ/kg

Benzin	40
C_2H_5OH	27
CH_3OH	20

Bildung von Estern

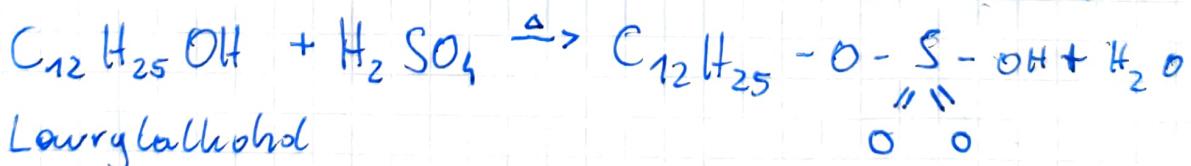


Anorg. Säure
o. o. Carbonsäure



Glycerin

Glycerintrinitrat
(Nitroglycerin)



↓ NaOH

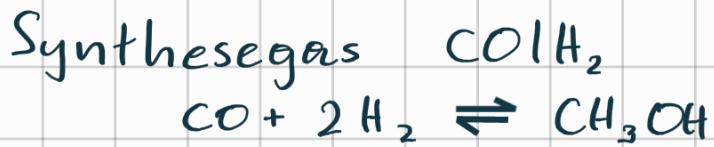


Natriumlaurylsulfat

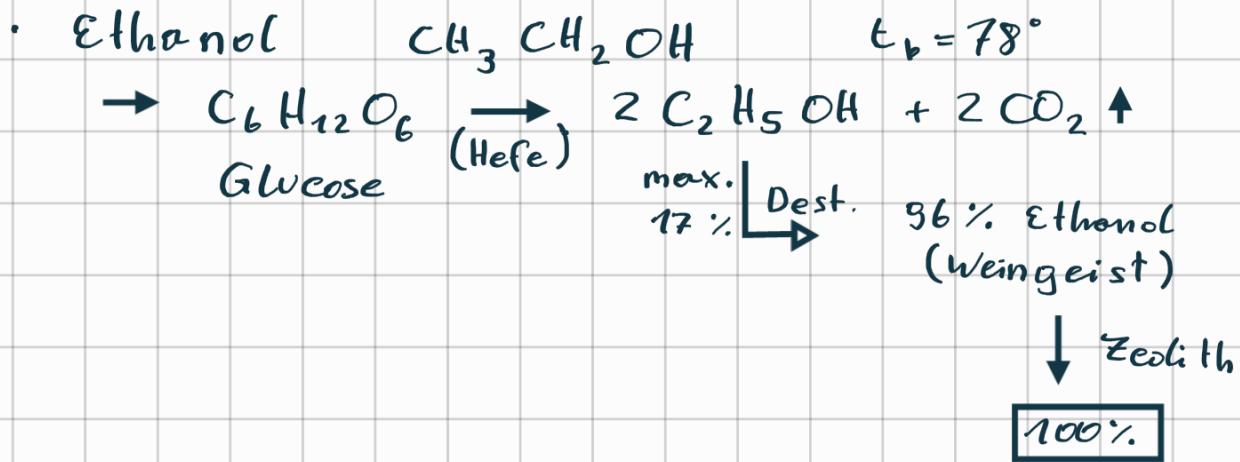
Anionisches Tensid
(→ in Waschmittel)

Technisch wichtige Alkohole

- Methanol $\text{CH}_3\text{-OH}$ $t_b = 65^\circ$
Überdosis: 25 g



Verw.: Kraftstoff / Kraftstoffzusatz
Brennstoffzelle
Chemierohstoff



\rightarrow Wasseranlagerung in Ethen



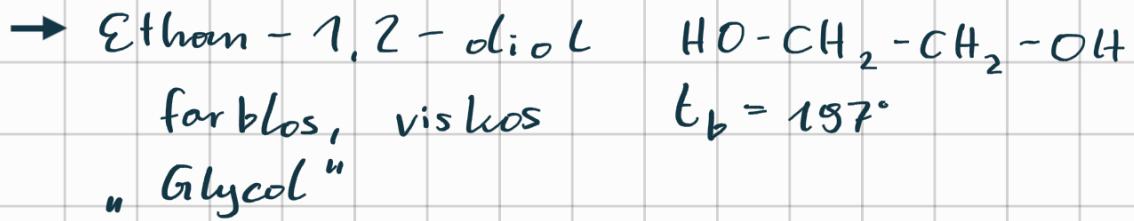
Verw.: Brennspiritus in Hausmitteln

\hookrightarrow Vergällungsmittel

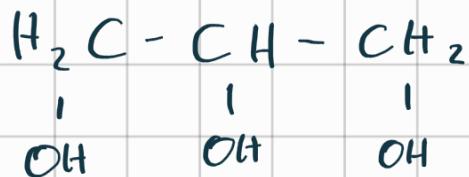
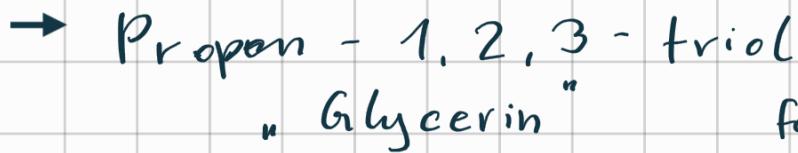
Desinfektionsmittel

Lösungsmittel

Treibstoff



Verw.: Frostschutzmittel
 PET - Herst.



farblos,
 hoch viskos,
 stark hygroskopisch
 ungiftig, süß

- Verw.:
- Kosmetik
 - Bremsflüssigkeit & Frostschutz
 - Feuchthaltemittel
 - Herst. von Nitroglycerin

Mehrwertige Alkohole als Zucker austausch- stoffe bzw. "Zuckeralkohole"

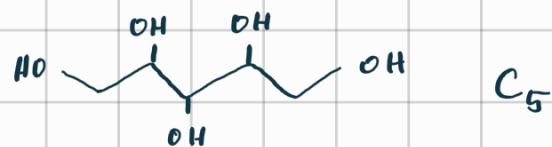


Hexanhexol

- Verw.:
- Süßen von Diabetiker lebensmitteln
 - Zuckervierte Kaugummis
 - in Äpfel & Pfirsichen
 - Feuchthaltemittel

• Xylit (Xylitol)

- "Birkenzucker"

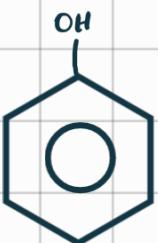


Pentapentol

- Xylose (in Buchen, Birken)
- relativ teuer $\approx 10 - 15 \text{ € / kg}$
- anti kariogen
- gleiche Süßkraft wie Saccharose (Haushaltszucker)
- Kühlleffekt beim Lösen ($\Delta H > 0$)
- physiologischer Brennwert um 40% geringer als Saccharose
- lethale Dosis = 0,1 g / kg Hund

Phenole

aromati. Ring mit OH - Gruppe



Phenol C₆H₅O

Herstellung durch Destillation
von Steinkohle

typ. Geruch

t_m = 41°

Giftig & ätzend

antiseptische Wirkung
(antibakteriell)

Reagiert mit H₂O schwach sauer

wichtige Grundchemikalien

Ether



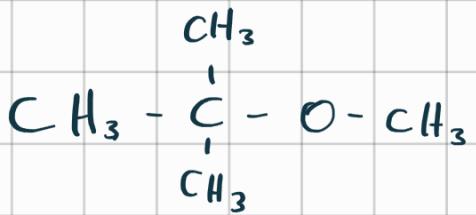
Keine Wasserstoffbrücken \rightarrow in H_2O
leicht flüchtig (niedriger t_b)
riechen ätherisch



Diethylether

$t_b = 35^\circ C$, hochentzündlich
früher: Waschmittel

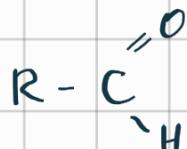
Methyl-tert.-butylether (MTBE)



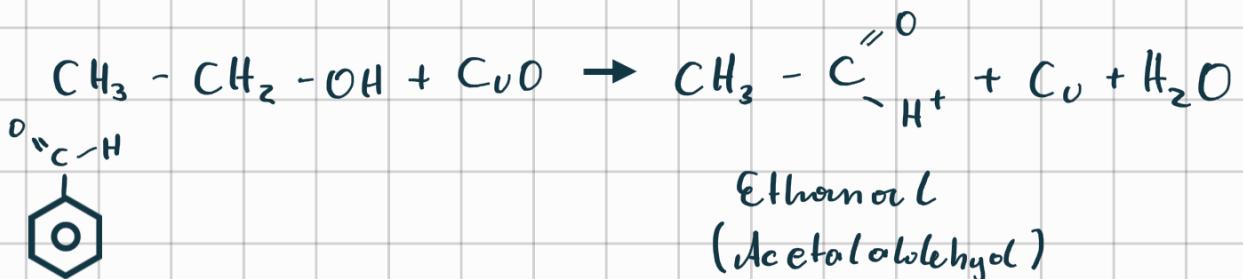
2-Methoxy-2-methylpropan
 $ROE = 118 \rightarrow$ Kraftstoffzusatz
Lösungsmittel statt Et_2O



Aldehyde



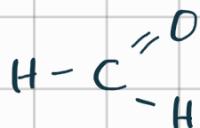
Aldehyde durch Oxidation von primären Alkohole.



Eigenschaften:

- stechender Geruch (Kurzheftig)
- höhere & aromatische riechen unangenehm (Benzaldehyd)
- leicht oxidiertbar \rightarrow Carbonsäure
- leicht reduzierbar

Ethanal (Formaldehyd)



Verloacht auf cancerogene

Wirkung MAK = 1,2 mg/m³

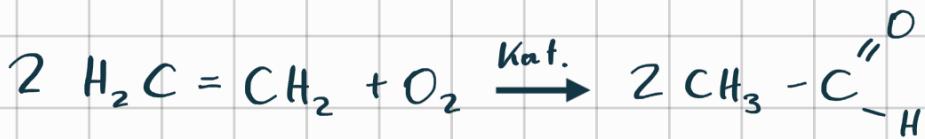
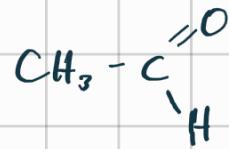
Max. Arbeitsplatzkonzentration

8 h/d 50L/w

- Desinfektionsmittel
- Chemie rohstoff
- Spanplattenherstellung
- Konservierungsmittel

Ethanol (Acetaldehydhydrol)

Herst.: Katalytische Oxidation
von Ethen



- Eigenschaften:
- stechenol riechenole Flüssigkeit
 - $t_b : 20^\circ\text{C}$
 - leicht entzündlich

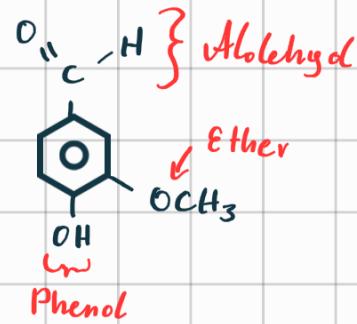
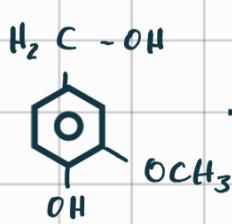
Benzaldehydhydrol



flüssig

Amoretto-Geruch

Vanillin



Aldehyd

Ether

Phenol

meist verwendet Aromastoff
 $\text{4-Hydroxy-3-methoxy-$
 benzaldehydhydrol

Ketone



geringere

→ Carbonylgruppe zw. 2 C-Atomen → Reaktivität als

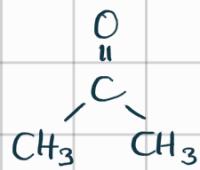
→ Erzeugung Ox. von sek. ROH / Alkohole

Propanon (Aceton)

farblose, spezifisch riechende, leicht entzündliche Flüssigkeit

• $t_b = 56^\circ\text{C}$

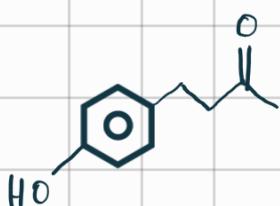
• mit H_2O & vielen organischen Lösungsmitteln mischbar



Verw.: sehr wichtiges LM für Fette, Kunststoffe
(Nagellackentferner)

• LM für Ethan C_2H_2 $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$
„Acetylen“ (Schweißgas)

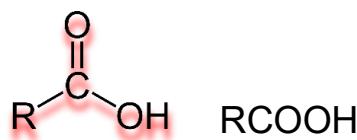
Himbeer-Keton



4-(4-Hydroxyphenyl)-butan-2-one

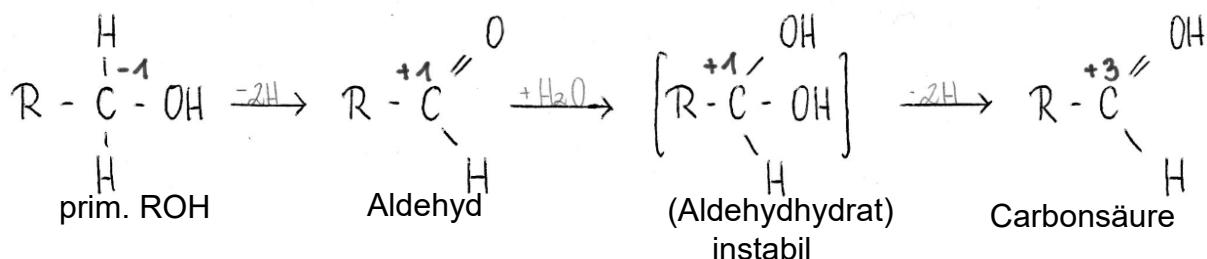
- Hauptaroma-Komponente in Himbeere (neben 250 anderen Komponenten)
- Konzentrat in Himbeeren: 2 mg/kg
- Geruchsschwelle: 5 µg/kg (H_2O)
- Aromatisierung v. Lebensmitteln, Insektenlockstoff

Carbonsäuren



Verbindungen eines organischen Restes mit einer oder mehreren Carboxylgruppen

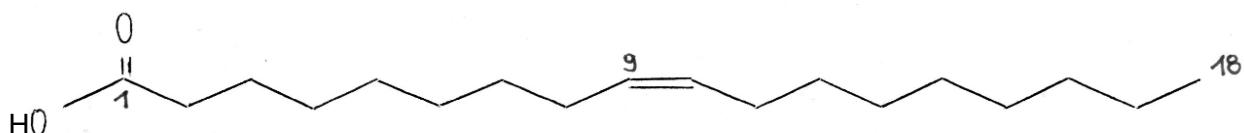
Herstellung: Durch Oxidation von primären ROH oder Dehydrierung (Abspaltung von H₂)



Beispiele von Carbonsäuren

	Name / Salze	Vorkommen & Eigenschaften	Verwendung
HCOOH	Methansäure „Ameisensäure“ Formiate	Sekret von Ameisen, Brennesseln & Quallen farblose Flüssigkeit mit stechendem Geruch	-Entkalkungsmittel -gegen Varroamilbe -Desinfektion -Entwarzungsmittel -HCOOH → CO + H ₂ O ↑ H ₂ SO ₄
CH₃COOH	Ethansäure „Essigsäure“ Acetate	Essig farblose Flüssigkeit t _m = 17°C („Eisessig“)	-Chemierostoff (Aspirin) -Essigsäureester (LM, Aromastoffe) -Lebensmittelbereich
C₃H₇COOH	Butansäure „Buttersäure“ Butyrate	entsteht beim Fettverderb & Zersetzung von Schweiß farblose Flüssigkeit mit sehr ekligem Geruch	-für Butansäureester (Ananasaroma)
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}^*\text{H}-\text{COOH} \end{array}$ *asymmetrisches C-Atom	2-Hydroxypropan-säure „Milchsäure“ Lactate	In der Sauermilch & im Sauerkraut -farblose, viskose Flüssigkeit kommt in 2 verschiedene Formen vor: linksdrehende & rechtsdrehende Milchsäure	Lebensmittelindustrie -Kosmetiker -biologische abbaubare Kunststoffe (PLA)

$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{HO}-\text{C}^*-\text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \end{array}$	Citronensäure Citrate	In Zitrusfrüchten farblose Kristalle	-Säuerungsmittel -Antioxidans in Lebensmittel -Entkalkungsmittel -Blutkonserverung
$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Palmitinsäure	$t_m = 61^\circ\text{C}$	langkettige Fettsäuren in Fetten & Wachsen (als Ester)
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	Stearinsäure	$t_m = 69^\circ\text{C}$	
$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	Ölsäure (cis-9-Octadecensäure)	$t_m = 17^\circ\text{C}$	



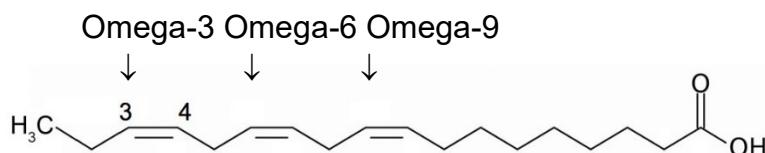
cis-9-Octadecensäure (Ölsäure)



eine ungesättigte Fettsäure!

Omega-3-Fettsäuren

ω -3-Fettsäuren



Klassifizierung nach der Position der ersten Doppelbindung vom Molekülende

→ mehrfach ungesättigte Fettsäuren in Fisch, Eigelb, Pflanzenöle

→ essentiell (d.h. lebensnotwendig und nicht vom eigenen Körper produziert)

→ medizinische Wirkung:

beugen Herzrhythmusstörungen vor

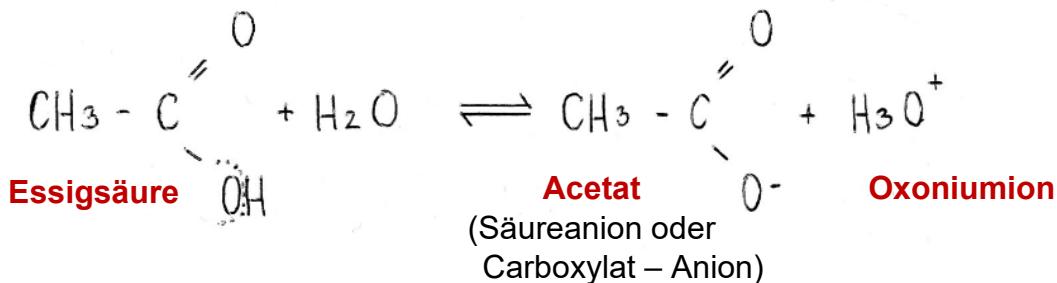
gegen koronare Herzerkrankungen

fördern Durchblutung

positiv auf Blutdruck, Gefäßfunktion und Entzündungen

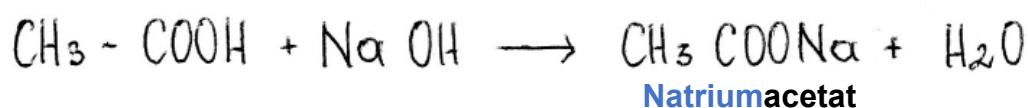
Eigenschaften von Carbonsäuren

- reagieren sauer in H₂O: Proton(H⁺) wird abgespalten



sind schwache Säuren!

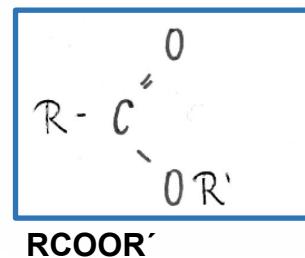
- Carbonsäuren bilden Salze



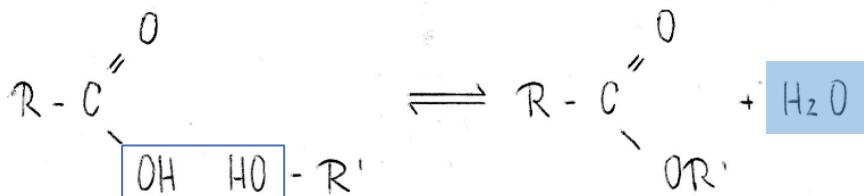
Na- oder K-Salze langkettiger Fettsäuren wirken als
Tenside → Seifen!

- flüssig oder fest (ab 10 C-Atomen)
- kurzkettige Cs. besitzen intensiven Geruch und sind in H₂O löslich
- langkettige lösen sich nur gut in organ. LM
- bilden mit Alkoholen Carbonsäureester

Carbonsäureester



Veresterung:



Carbonsäure + Alkohol \rightarrow Ester + H₂O
(od. Phenol)

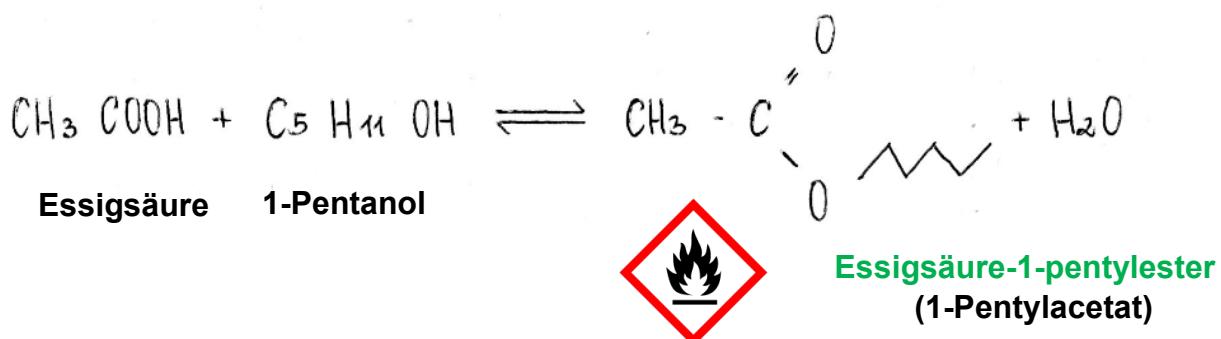
\rightarrow **Kondensationsreaktion**

Katalysator: H₂SO₄ oder ZnCl₂
(sauer & wasserentziehend)

GLGW-Reaktion! Verschiebung nach rechts notwendig!

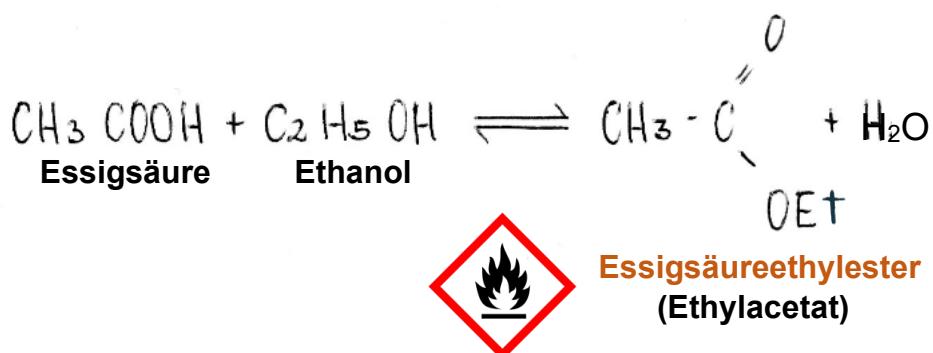
- Abdestillieren des Esters
- Abdestillieren des H₂O
- ein Edukt im Überschuss
-

Synthese von Essigsäure-1-pentylester (Birnenöl):



- farblose Flüssigkeit
- schlecht lösbar in H₂O
- fruchtiger Geruch nach Birne („Birnenöl“) \rightarrow „Eiszapfen“-Drops
- LM in der Kosmetikindustrie (z.B. Nagellacke)

Synthese von Essigsäureethylester:



- schlecht löslich in H₂O (8,5g/100ml)
- LM für Klebstoffe (UHU)
- LM für Lacke, Fette & Öle
- Dämpfe wirkend narkotisierend → Missbrauch als Schnüffeldroge

Übersicht Carbonsäureester

1. Fruchtester

Ester aus kurzkettigen Cs. & Alkoholen

Eigenschaften: farblose brennbare Flüssigkeiten mit fruchtigem Geruch, schwer wasserlöslich

Verwendung: LM für Lacke und Kunststoffe, Aromastoffe

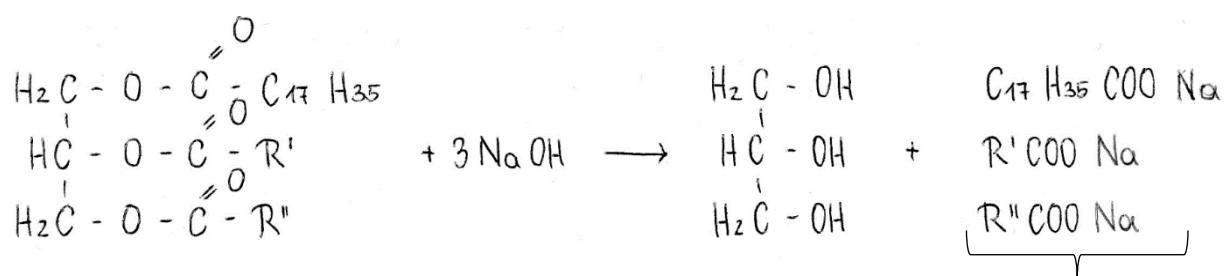
2. Fette & Öle

Ester aus langkettigen Cs. (Fettsäuren) & Glycerin

Eigenschaften: je nach Fettsäuren flüssig oder fest, flüssige Fette (Öle) enthalten mehr ungesättigte Fettsäuren

Verwendung: Nahrungsmittel, Seifenherstellung

Verseifung eines Fettes (Triglycerid)



Glycerin

Seife: Na-Salze
der Fettsäuren

3. Wachse

Ester langkettiger Carbonsäuren & langkettigen Alkoholen

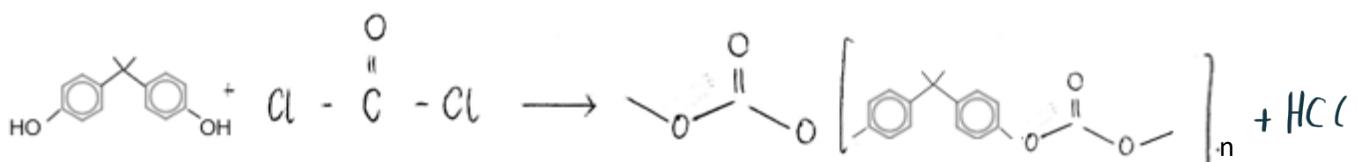
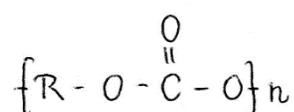
- Bienenwachs
- Karnaubawachs (aus der Kranbaupalme)
 - Trennmittel für Gummibären
 - Bananenüberzug

4. Polyester (Kunststoffe)

langkettige Makromoleküle mit Esterbindung

z.B. PET (s. 3.Klasse)

PC (Polycarbonate)



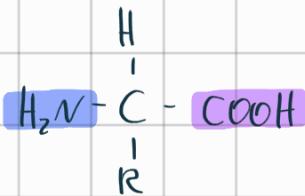
Kann die Fruchtbarkeit
 beinträchtigen!
 imitiert Östrogen!
 reduziert Spermienproduktion!

LC₅₀ = lethale Konzentration für 50% der Personen (inhalativ)



500ppm/min sind 500 Teile pro Million, 1 Minute eingeatmet
 1ppm wäre 1ml/m³
 500ppm sind also 500ml/m³

Aminosäuren & Peptide



As. haben zumindest je eine basische Aminosäure und eine saure Carboxylgruppe

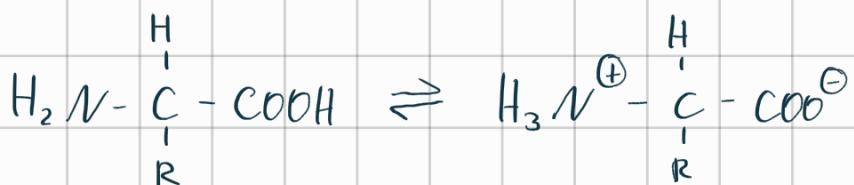
As. sind Carbonsäuren mit vier zusätzlichen Amino-gruppe - NH₂.

ds. unterscheiden sich durch ihren organ. Rest.

R	Name	Codon	
- H	Glycin	Gly	5 von 20 natürlichen α-As α-As: COOH & NH ₂ um gleichen C
- CH ₃	Alanin	Ala	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_3 \end{array}$	Valin	Val	
-CH ₂ -SH	Cystein	Cys	
-CH ₂ -COOH	Asparagins.	Asp	

Eigenschaften

- As. protolysieren mit sich selbst.



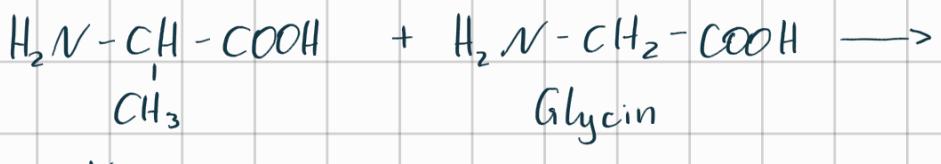
Zwitterion

- auf Grund der Ladungen gut wasserlöslich

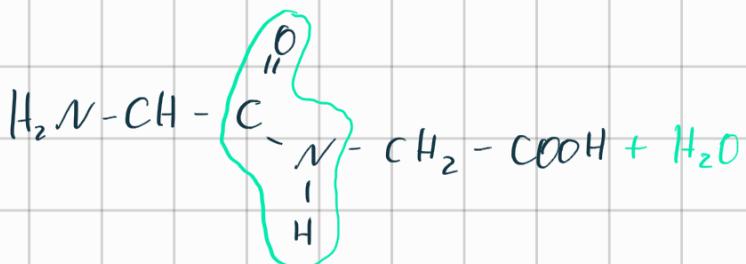
• je nach pH-Wert unterschiedlicher Zustand
sauer: $\text{H}_3\text{N}^{\oplus} - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{COOH}$

basisch: $\text{H}_2\text{N} - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{COO}^{\ominus}$

• Können untereinander reagieren \rightarrow Peptide
z.B.



Alanin



Amidstruktur

Peptidbindung

Dipeptid mit Ala-Gly entsteht Abkürzung

Peptide bestehen nur aus wenigen As
Proteine sind Polypeptide (oder Eiweißstoffe)
mit > 100 As

Proteine sind große, kompliziert gebaute natürliche Polymere, die aus 100-10.000 As aufgebaut sind (z.B. Hämoglobin)

In der Natur sind 20 As für den Aufbau der Proteine verantwortlich.

Proteine: Keratin, Insulin, Coronaspikes

- As (außer Glycin sind chiral → optisch aktiv)
- Alle 20 As kommen in der L-Form vor

Räumliche Struktur oder Proteine

Durch Wechselwirkung der As-Seitenketten (R) kommt es zur räumlichen Gestalt eines Proteins.

WW: z.B. Wasserstoffbrückenbindung, elektrostatische WW

→ Primärstruktur: Abfolge der As (Asp-Gly-...)

Sekundärstruktur: einzelne geordnete Abschnitte (Helix oder Fallblatt)

Tertiärstruktur: räumliche Gestalt eines ganzen Proteinmoleküls

Quaternärstruktur: Aggregat aus mehreren Proteinketten

Chiralität

griechische Händigkeit

spezielle Formen der

Stereoisomerie (räuml. Aufbau)

Konfiguration

Konformation

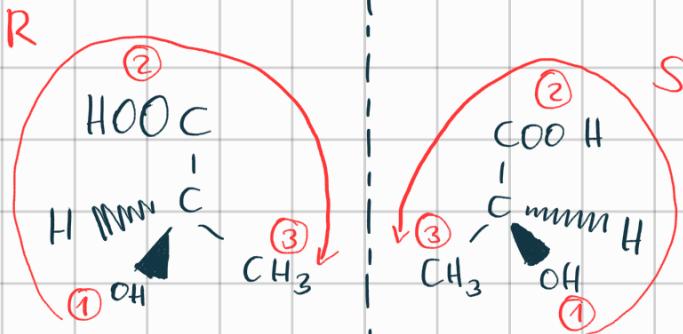
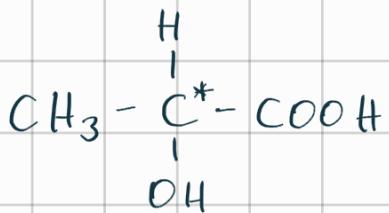
Chiralität
Enantiomerie

cis-trans-isomerie

Chiralität tritt auf, wenn ein Molekül ein Stereozentrum (C mit 4 versch. Substituenten)

C^* - asymmetrisches C-Atom

z. B. Milchsäure



(R)-Milchsäure

D-(-)-Milchsäure
linksdrehend

(S)-Milchsäure

D-(+)-Milchsäure
rechtsdrehend

Veilstrichformel

Ξ nach hinten

\blacktriangle nach vorne

| in Papierebene

Beide Formen der Milchsäure verhalten sich wie ihr Spiegelbild bzw. wie linke & rechte Hand und können nicht zur Deckung gebracht werden.

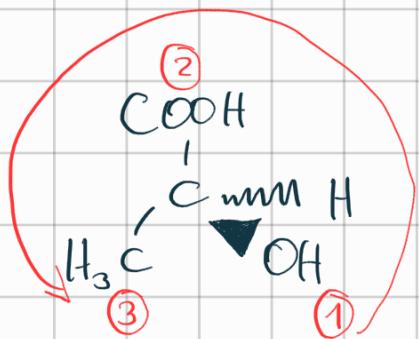
Die beiden Formen nennt man **Enantiomere**.

Racemat: 1:1-Mischung von 2 Enantiomeren.

Benennung von Enantiomeren

RS - System

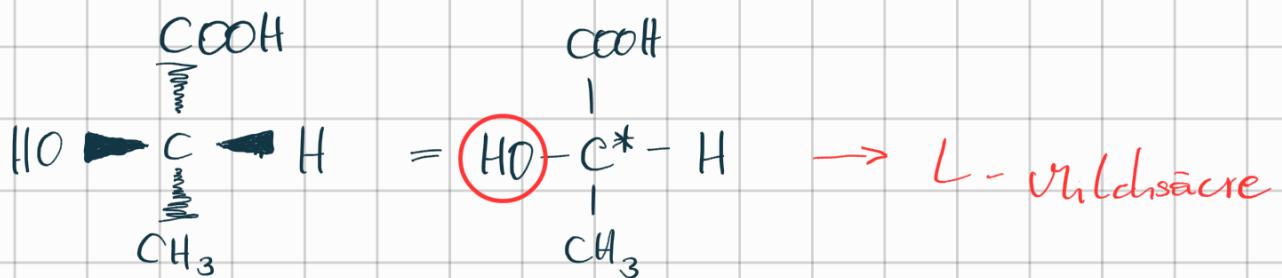
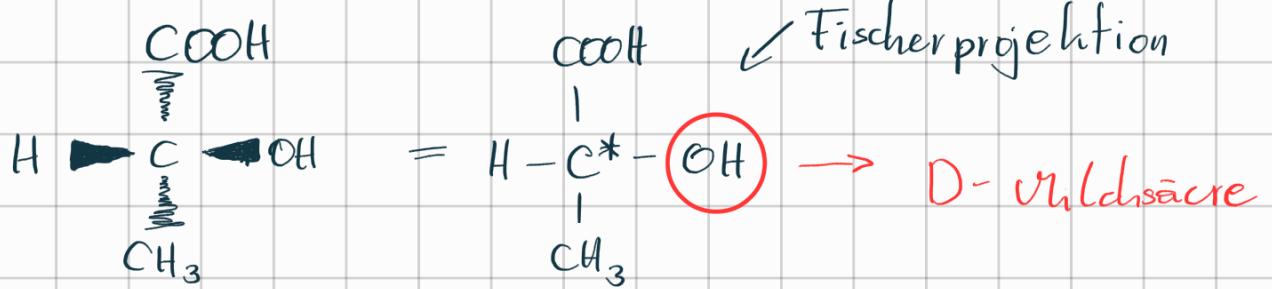
- 1) H muss hinter Zeichenebene liegen
- 2) Atome der Substituenten werden nach Ordnungszahl gereiht.
- 3) Atom mit höchster OZ \rightarrow Prio 1
- 4) Atome mit gleicher OZ: z.B. $\text{CH}_3 - \text{COOH}$
Jener Substituent, an dem Zweitatome mit höherer OZ gebunden, hat höhere Priorität
- 5) Gegen Uhrzeigersinn (nach links) \rightarrow S (sinistra)
Im Uhrzeigersinn (nach rechts) \rightarrow R



DL - System (Emil Fischer)

Ältere Benennung von Enantiomeren für Zucker- & Aminosäuren

- längste C-Kette senkrecht mit C in höchster Oxidationsstufe oben
- Kette so drehen, dass Substituenten mit C-Atomen an C* nach hinten zeigen (senkrechte Linie)
- Andere Substituenten zeigen nach vorne (waagrechte Linie)
- Substituent der waagrechten Linie mit höchster Priorität: steht dieser **rechts**: D (dexter)
steht dieser **links**: L (sinistra)

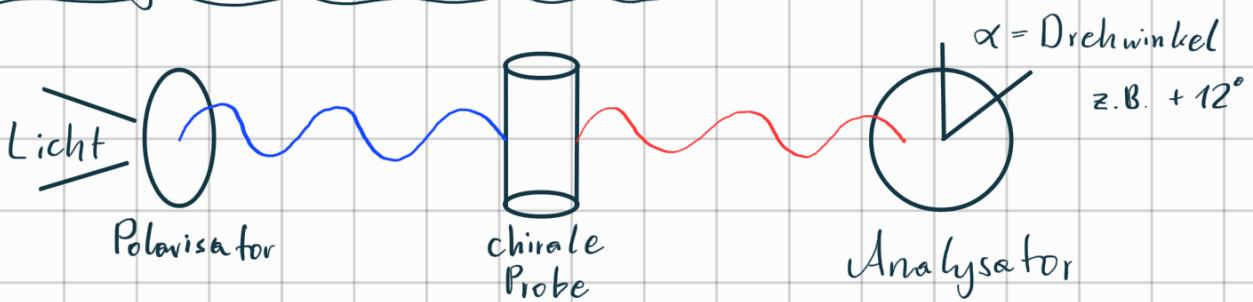


Optische Aktivität chiraler Moleküle

Chirale Moleküle drehen die Schwingungsebene von linear-polarisiertem Licht.
→ Sind optisch aktiv

- rechtsdrehende Moleküle Enantiomere: (+)
- linksdrehende Moleküle Enantiomere: (-)

Messung mit Polarimeter

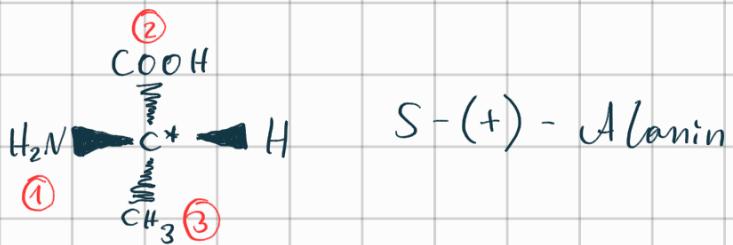
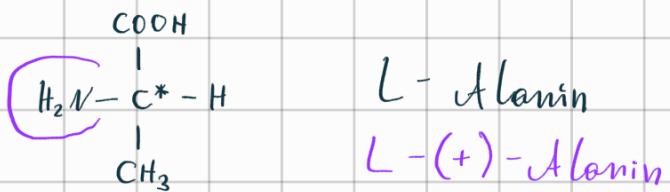


Wahre Drehung des Lichtes im Polarimeter, d.h. (+) oder (-), steht in keinem Zusammenhang mit der Benennung (R|S oder D|L). Ratemat (1:1 Mischungen) zeigen keine optische Aktivität.

(R)-(-)-Milchsäure → linksdrehende Milchsäure

(S)-(+) -Milchsäure → rechtsdrehende Milchsäure → im Blut, Muskel, Schweiß

Alle Chiral-Aminosäuren kommen in der L-Form vor.

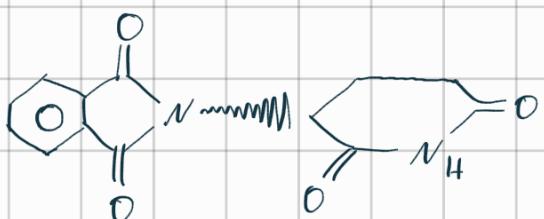


Welche Aminosäure ist nicht chiral? → Glycin

Praktische Aspekte zur Chiralität

- Reine Enantiomere können nur in chiraler Umgebung entstehen bzw. synthetisiert werden.
- Herstellung von Ratematen ist einfach, erfordert aber chirale Trennung der Enantiomere.
- Enantiomere haben gleiche physikalische als auch chemische Eigenschaften in nicht chiraler Umgebung.
- Einsatz von reinen Enantiomeren bei Pharmaka meist unabdingbar.

z.B.



Thalidomid (Freiname)
Contergan ^R

1957-1961: Schlaf- & Beruhigungsmittel der Firma Grünenthal speziell für Schwangere führte zu Missbildungen im Embryostadium (im 2. Monat).

(+)-(R)-Enantiomer : sedierende Wirkung
(-)-(S)-Enantiomer : fruchtschädigend (Embryo)

Verkauft wurde Ratemat, heute für spezielle Leiden wiedereingesetzt: Lepra, spezielle Krebsarten