

Chemie 10 NTG

Donator-Akzeptor-Reaktionen

1. Protonenübergänge

Säure: Protonendonator (TE)

Strukturelle Voraussetzung: Mindestens ein Wasserstoffatom in einer sehr polaren Bindung

Saure Lösungen enthalten mehr Oxonium- als Hydroxidionen: $n(\text{H}_3\text{O}^+) > n(\text{OH}^-)$, pH-Wert < 7

Neutrale Lösungen enthalten gleich viel Teilchen beider Ionensorten: $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)$, pH = 7

Base: Protonenakzeptor (TE)

Strukturelle Voraussetzung: Mindestens ein nichtbindendes Elektronenpaar

Basische Lösungen enthalten mehr Hydroxid- als Oxoniumionen: $n(\text{H}_3\text{O}^+) < n(\text{OH}^-)$, pH-Wert > 7

Indikatoren:

Indikator	Farbe im Sauren	... Neutralen	... Basischen
Bromthymolblau	gelb	grün	blau
Phenolphthalein	farblos	farblos	pink
Universalindikator	rot	gelb	blau

Ampholyt: Teilchen, das sowohl als Brönsted-Säure und –Base wirken kann (z.B. H_2O)

Protolyse: Protonenübergang zwischen Brönsted-Säure und Brönsted-Base (Säure-Base-Reaktionen sind reversibel)

Neutralisation:

Stoffebene (SE): Säure + Lauge \rightarrow Salz + Wasser; $\Delta E_i < 0$ (exotherm)

Teilchenebene (TE): $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Titration: Experimentelle Ermittlung der Stoffmengenkonzentration ($c = n/V$) einer Säure/Base

Quantitatives Verfahren zur Bestimmung einer unbekanntem Konzentration eines gelösten Stoffes (z.B. Säure) durch schrittweise Zugabe einer Lösung bekannter Konzentration (Titer-Lösung, z.B. Lauge) bis zum **Äquivalenzpunkt ÄP** (zu erkennen an der Änderung der Indikatorfarbe).

Am ÄP gilt für die Titration von Säuren und Basen: $n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+)$

$$n = c \cdot V$$

Wichtige saure Lösungen:

„Salzsäure“ HCl (aq)

Schwefelsäure H_2SO_4 (aq)

Phosphorsäure H_3PO_4 (aq)

Salpetersäure HNO_3 (aq)

Kohlensäure H_2CO_3 (aq)

Wichtige basische Lösungen:

Natronlauge NaOH (aq)

Kalilauge KOH (aq)

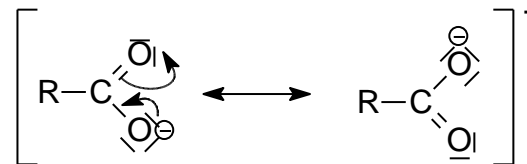
Kalkwasser $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (aq)

Ammoniak NH_3 (aq)

Acidität

Maß für die Fähigkeit eines Teilchens, als Protonendonator zu reagieren.

Acidität des Carbonsäure-Moleküls begründet durch Mesomeriestabilisierung des Carboxylat-Ions:



2. Elektronenübergänge: Redoxreaktionen

2.1 Redoxreaktionen (klassisch)

Metalle reagieren mit molekularen Stoffen in Redoxreaktionen, dabei finden jeweils Elektronenübergänge statt.

Unedle Metalle reagieren in sauren Lösungen in einer Redoxreaktion zu Wasserstoff und Salzlösungen.

Oxidation: Abgabe von Elektronen (Oxidationszahl steigt) (Teilchen: Reduktionsmittel/ Elektronen-Donator)

Reduktion: Aufnahme von Elektronen (Oxidationszahl sinkt) Elektronenaufnahme (Teilchen: Oxidationsmittel/ Elektronen-Akzeptor)

Redoxreaktion: Kopplung von **Oxidation** und **Reduktion**, d.h. Elektronenübertragungsreaktion

Elektrolyse: Redox-Reaktion wird durch Zufuhr von elektrischer Energie ermöglicht („erzwungen“).

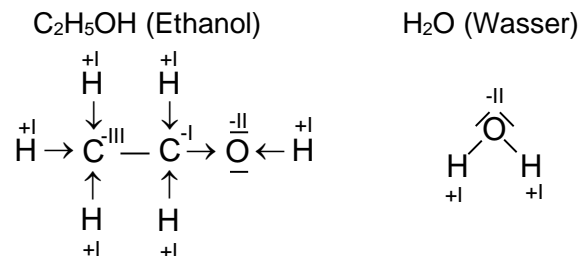
Galvanische Zelle („Element“): Redox-Reaktion setzt elektrische Energie frei.

Elektrolyse	Galvanisches Element
$\text{ZnI}_2 \rightarrow \text{Zn} + \text{I}_2 \quad \Delta E_i > 0$	$\text{Zn} + \text{I}_2 \rightarrow \text{ZnI}_2 \quad \Delta E_i < 0$
erzwungen	freiwillig

Oxidationszahl: Ermittlung mit Hilfe von Regeln (Reihenfolge beachten) oder die Zuteilung von Bindungselektronen zum elektronegativeren Bindungspartner.

Symbolisiert durch **römische Zahlen**:

z.B.



2.2 Regeln zum Aufstellen von Redoxgleichungen im wässrigen Milieu:

1. Edukte und Produkte als unvollständige Gleichung formulieren
2. Oxidationszahlen festlegen: Oxidation, Reduktion erkennen
3. Teilgleichungen formulieren:
 - a) Koeffizientenausgleich
 - b) Änderung der Oxidationszahl durch Elektronen ausgleichen
 - c) Ladungsausgleich: durch H_3O^+ (saurer Milieu)
durch OH^- (basisches Milieu)
 - d) Atomausgleich durch H_2O
4. Anpassung der Elektronenzahlen beider Gleichungen (kgV)
5. Addition der Teilgleichungen zur Redoxgleichung

2.3 Redoxreaktionen organischer Verbindungen

Oxidation von Alkanolen

Primäres Alkanol („Alkohol“)	→	Alkanal („Aldehyd“)	→	Alkansäure („Carbonsäure“)*
Sekundäres Alkanol	→	Alkanon („Keton“)*	↗	
Tertiäres Alkanol*	↗			

*(vollständige) Oxidation nur unter Zerstörung des Kohlenstoffatomgerüsts unter Bildung von CO_2

Nachweis von Alkanalen

a) Schiffsche Probe

Schiffs-Reagenz färbt sich lila bei Anwesenheit von Alkanalen

b) Fehling-Probe (Oxidation des Alkanals)

Oxidation durch Kupfer(II)-Ionen in basischer Lösung → ziegelroter Niederschlag aus Cu_2O (Kupfer(I)-oxid)

c) Tollens-/Silberspiegel – Probe (Oxidation des Alkanals):

Oxidation durch ammoniakhaltige, basische Silbernitrat-Lösung → metallisches Silber

3. Nucleophil-Elektrophil-Reaktionen

3.1. Allgemein

Bei diesen **Donator-Akzeptor**-Reaktionen reagieren ein **NUCLEOPHIL (Elektronenpaardonator: Teilchen mit einer hohen Elektronendichte)** und ein **ELEKTROPHIL (Elektronenpaarakzeptor: Teilchen mit niedriger Elektronendichte)** miteinander.


Nucleophile („kernliebende Teilchen“):

- a) Anionen (Atom- oder Molekül-Ionen); Bsp: Cl^- , OH^-
- b) negativ polarisierte Molekülbestandteile; Bsp: H_2O , NH_3 , O-Atom der Carbonylgruppe

Elektrophile („elektronenliebende Teilchen“):

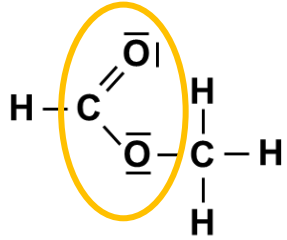
- a) Kationen (Atom- oder Molekül-Ionen); Bsp: H^+ , H_3O^+
- b) positiv polarisierte Molekülbestandteile; Bsp: C-Atom der Carbonylgruppe

Ein Reaktionsmechanismus beschreibt **alle einzelnen Schritte einer Reaktion** durch **Strukturformelgleichungen**.

Im Mechanismus einer Nucleophil-Elektrophil-Reaktion zeigt die Pfeilspitze  zum Ort **niedrigerer Elektronendichte**, also vom **Nucleophil** zum **Elektrophil**.

3.2 Ester

Alle Ester haben gemeinsam die **Estergruppe**:



3.2.1 Nomenklatur:

a) Alkanolrest + Alkylrest der Alkansäure + Endung „oat“ (IUPAC)

hier: Methylmethanoat

b) Alkansäure-Rest + Alkylrest des Alkanols + Endung „-ester“ (chemisch „umgangssprachlich“)

hier: Methansäuremethylester

Bildung eines Esters:

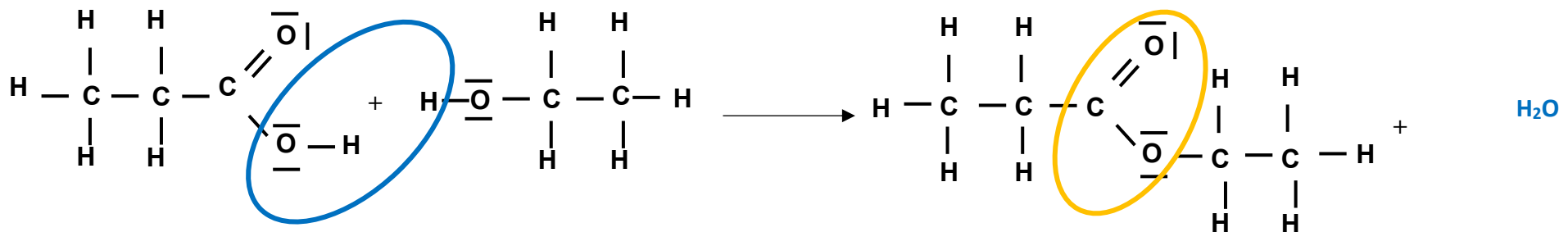
Alkansäure + Alkanol \longrightarrow Alkansäure**ester** + Wasser

Ethansäure

Ethanol

Ethylethanoat

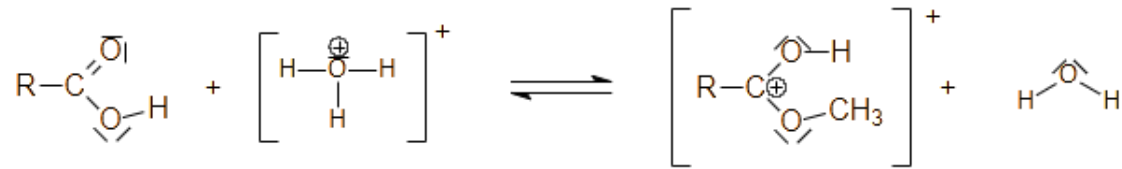
Wasser



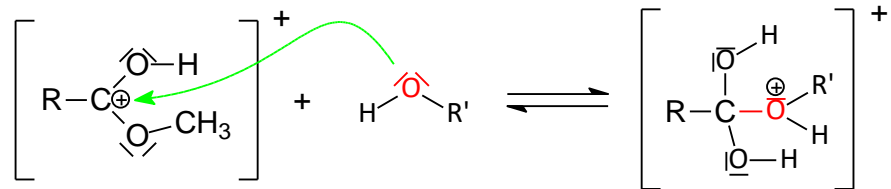
Die Reaktion, die zur Bildung eines Esters führt, nennt man **KONDENSATIONSREAKTION**.

3.2.2 Reaktionsmechanismus der Esterkondensation

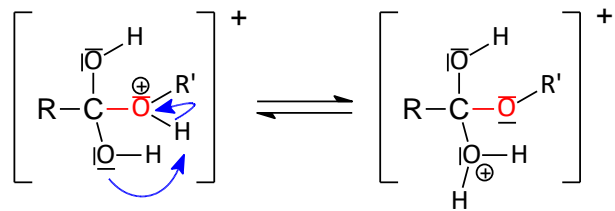
1. Protonierung des Alkansäure-Moleküls



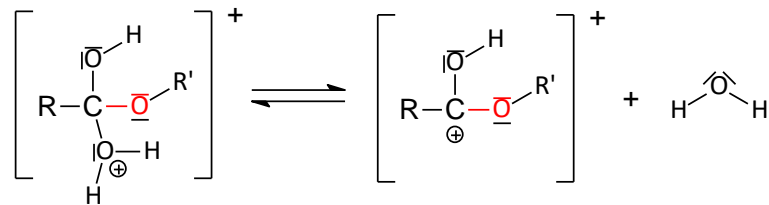
2. Nucleophiler Angriff des Alkanol-Moleküls (negativ polarisiertes O-Atom der Hydroxy-Gruppe greift positiv geladenes C-Atom des Ions an)



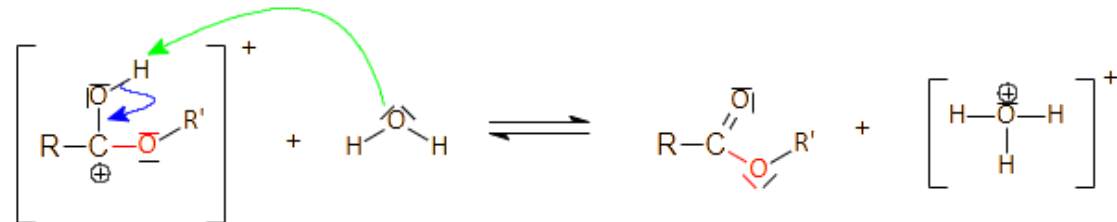
3. Intramolekulare Protonenwanderung



4. Abspaltung eines Wassermoleküls



5. Deprotonierung (Regeneration des katalytisch wirksamen Protons als Oxonium-Ion)



3.2.3 Nachweis von Estern durch den Rojahn-Test:

Positiv bei **langsamer Entfärbung** der pinkfarbenen Flüssigkeit

3.2.4 Esterhydrolyse

Hydrolyse:

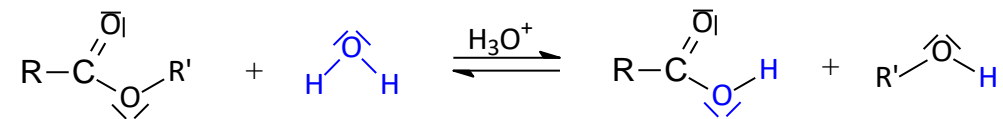
Unter Reaktion mit einem Wassermolekül reagiert ein Molekül zu zwei kleineren Molekülen, wird unter Wasseranlagerung („Hydro-„) also gespalten („-lyse“).

Die Esterhydrolyse stellt die Umkehrung der Esterbildung dar.

Esterbildung und Esterhydrolyse sind also **REVERSIBLE** (umkehrbare) Reaktionen.

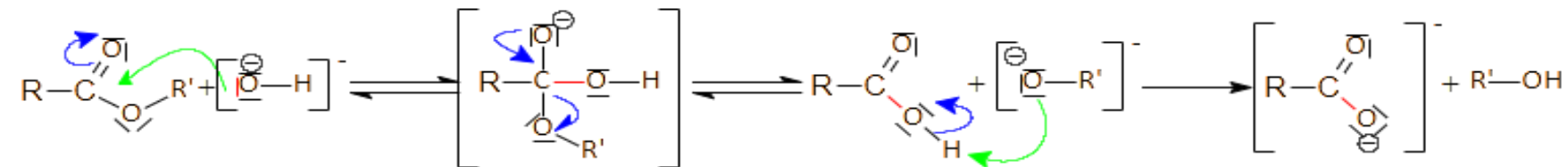


3.2.4.1 Säurekatalysierte Esterhydrolyse



3.2.4.2 Baseninduzierte Esterhydrolyse („Verseifung“)

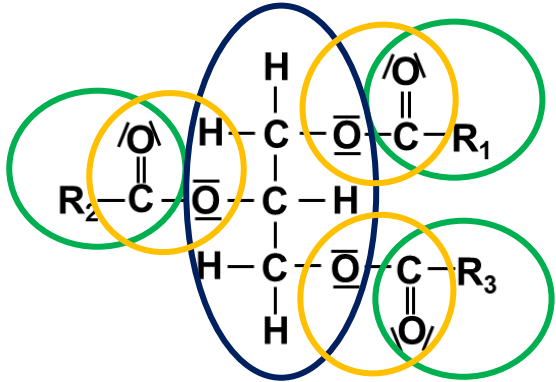
1. Nucleophiler Angriff des Hydroxid-Ions
2. Abspaltung eines Alkoholat-Ion und Protolyse



3.3 Fette und fette Öle

Bei Fetten handelt es sich um bei Raumtemperatur feste Stoffe; fette Öle dagegen sind bei Raumtemperatur flüssig.

3.3.1 Molekülbau von Neutralfettmolekülen (Fette und fette Öle)

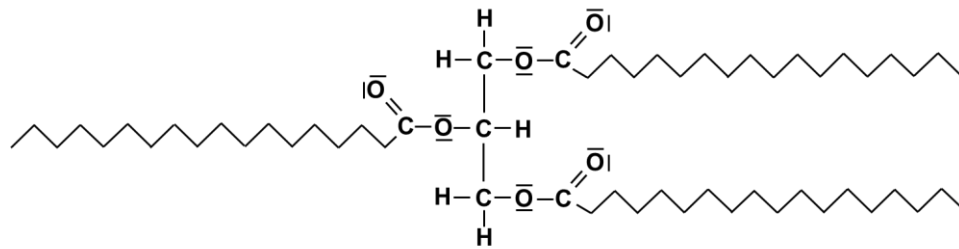


Fettsäurerest

Glyzerinrest (Anm.: IUPAC: Propan-1,2,3-triol)

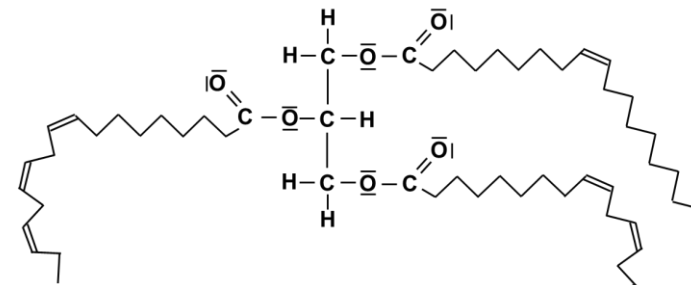
Estergruppe

3.3.2 Gesättigte und ungesättigte Fettsäure-Reste



Gesättigte Fettsäurereste:

Ausschließlich C-C-Einfachbindungen im Alkylrest



Ungesättigte Fettsäurereste:

Mindestens eine Doppelbindung im Alkylrest (häufig Z-Konfiguration)

3.3.3 Eigenschaften fester Öle und Fette

*Geringere Dichte als Wasser

Löslichkeit

*in lipophilen Stoffen löslich (Stoffebene: SE)

*unpolare Alkylreste => London-Dispersions-Wechselwirkungen und polare Esterbindung => Dipol-Dipol-Wechselwirkungen (Teilchenebene: TE)

Schmelzbereich

Bei natürlichen Fetten handelt es sich nicht um Einstoffe sondern um ein Gemisch verschiedener Neutralfettmoleküle

⇒ Keine definierte Schmelztemperatur sondern Schmelzbereich

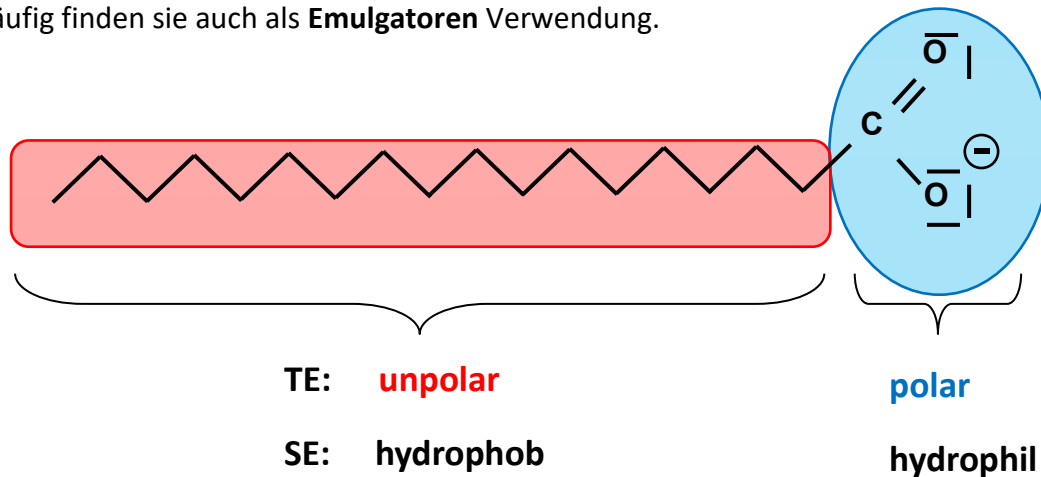
3.4 Tenside

Es handelt sich um **amphiphile Stoffe**, deren Teilchen (Moleküle bzw. Ionen) sowohl polare als auch unpolare Teile besitzen.

Sie sind **grenzflächenaktiv**, d.h. sie lagern sich an Grenzflächen zwischen nicht mischbaren Stoffen an und verändern die Grenzflächenspannung.

Beispiel: **Seife** (Natrium- / Kaliumsalze von Fettsäureanionen)

Häufig finden sie auch als **Emulgatoren** Verwendung.

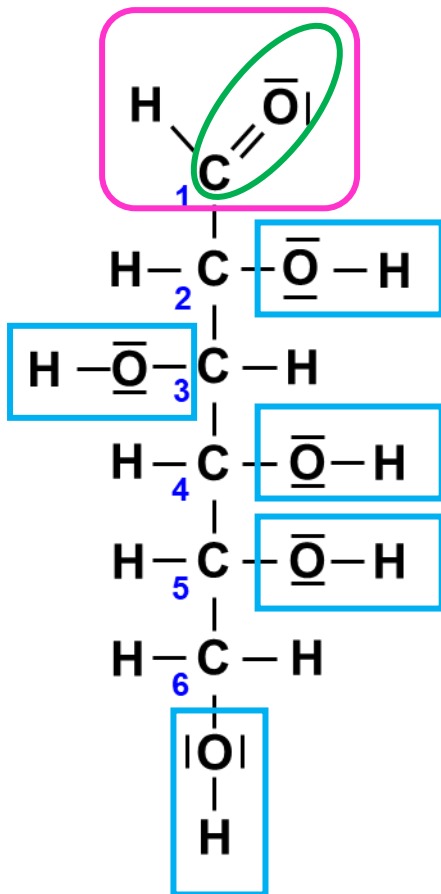


3.5 Zucker

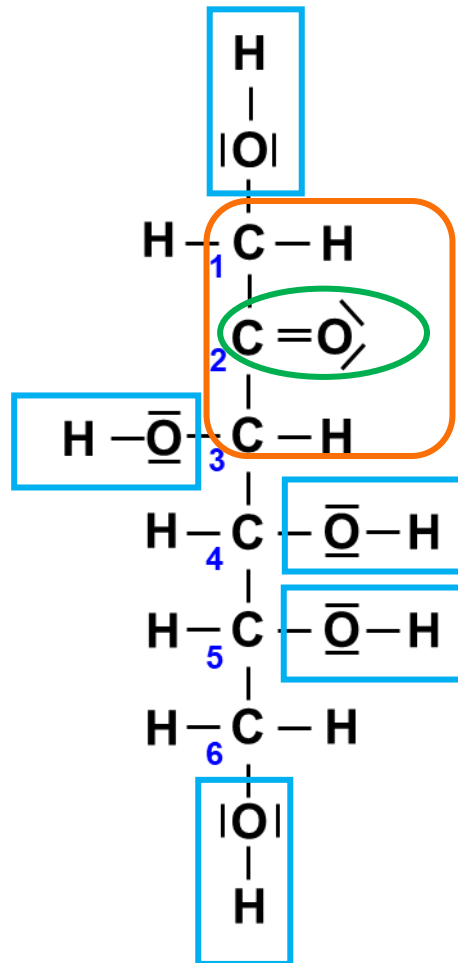
Mehrfunktionelle Verbindungen, deren Moleküle **mehrere Hydroxy-Gruppen** und mindestens eine **Carbonylgruppe** (**Alkanal-/Aldehyd-** bzw. **Alkanon-/Keto-**Gruppe) besitzen.

Fischerprojektion:

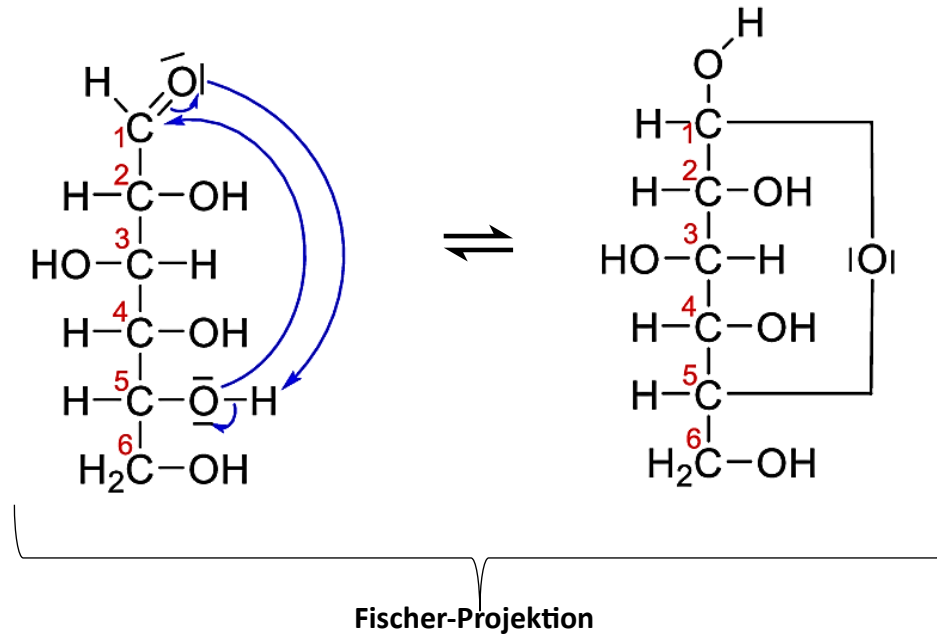
Glucose („Traubenzucker“)



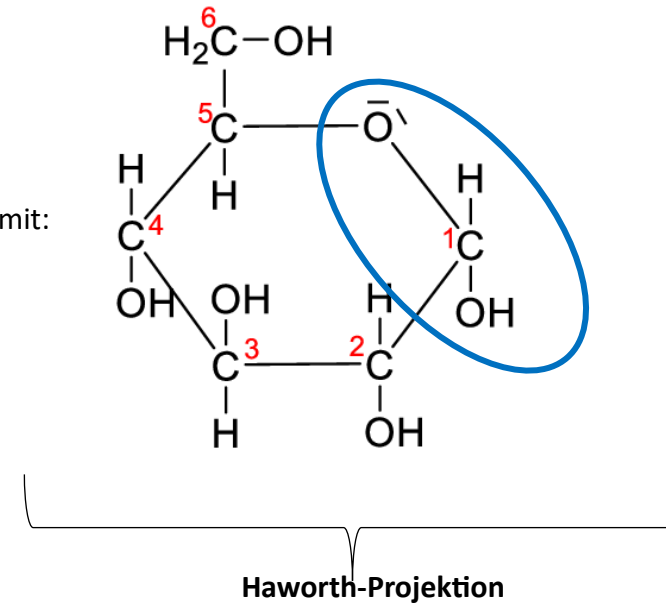
Fructose („Fruchtzucker“)



Ringschluss des Glucose-Moleküls (**Acetalbildung**):



identisch mit:



FLOH-Regel: Fischer links, oben Haworth

Vom Monosaccharid zum Disaccharid: **Vollacetalbildung**

