

ORGANISCHE CHEMIE

Chemie (CH521 – CH524)

Jonas Lauener, Stephan Wagner

www.jolau.ch

Table of Contents

Isomerie	4
Darstellung der Konstitution	4
Einteilung der organischen Verbindungen	5
Alkane	6
Cycloalkane	6
Physikalische Eigenschaften der Alkane	6
Reaktionen und Derivate der Alkane	7
Reaktionsmechanismus	7
Radikalische Substitution	7
Halogenalkane	7
Alkene	8
Polyene	8
Cycloalkene	8
C=C-Doppelbindung	8
Molekülgestalt	8
Behinderte Drehbarkeit und cis-trans-Isomerie	9
Reaktionen der Alkene	10
Elektrophile Addition von Halogenen	10
Addition von Säuren	10
Hydrierung (radikalische Addition von Wasserstoff)	10
Alkine	11
Aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzen)	11
Mesomere Struktur des Benzen	12
Halogenierung von Benzen (elektrophile Substitution)	12
Alkohole	13
Klassifizierung	13
Ethanol (C_2H_5OH)	13
Weitere wichtige Alkohole	14
Molekülbau und physikalische Eigenschaften	14
Aldehyde und Ketone	14
Oxidierbarkeit der Aldehyde	14
Wichtige Aldehyde und Ketone	15
Carbonsäuren	15
Einteilung	15
Wichtige Carbonsäuren	15
Fette	16
Seifen	17
Tensidwirkung	17
Waschwirkung	18
Nachteile von Seifen	18
Polymere	19
Radikalische Polymerisation	19
Anionische/Kationische Polymerisation	19

Benennung der Kohlenwasserstoffe	20
Grundnamen	20
Regeln	20
mit Doppelbindung.....	20
mit Dreifachbindung.....	20
Alkohole.....	21
Aldehyde und Ketone	21
Carbonsäuren	21
Kohlenwasserstoffe (Übersicht).....	22
Wichtige KW	23

Isomerie

Isomere	Oder Isomere Verbindung haben die gleiche Molekülformel. Isomere Moleküle bestehen aus den gleichen Atomen.
Konstitution	Beschreibt die Reihenfolge der Atome im Molekül und die Art der Bindungen (Einzel-, Doppel- oder Dreifachbindung) wird oft als Struktur bezeichnet
räumlichen Struktur	Beschreibt Molekülgestalt
Konstitutionsisomere	oder Strukturisomere unterscheiden sich in der Konstitution
Konfirmation	Formen eines Moleküls, die sich durch Rotation um die C-C Einfachbindungen ergeben

Konformation	Konstitution
Die beiden Strichformeln stellen zwei verschiedene Konformationen desselben Moleküls dar. Wir können die eine Form durch Drehung um eine C,C-Achse in die andere überführen. Diese Rotation findet bei RT ständig statt.	Die beiden Strichformeln zeigen zwei verschiedene Moleküle . Da diese aus den gleichen Atomen bestehen, sind es Isomere . Sie unterscheiden sich in der Konstitution und lassen sich nur durch Bindungstrennung und Neuverknüpfung ineinander umwandeln .

Darstellung der Konstitution

	Valenzstrichformel	Keilstrichformel	Skelettformel	Konstitutionsformel	Summenformel
Methan			existiert nicht	CH ₄	CH ₄
Propan				CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	C ₃ H ₈
Essigsäure				CH ₃ -COOH	C ₂ H ₄ O ₂
Wasser			existiert nicht	existiert nicht	H ₂ O

Einteilung der organischen Verbindungen

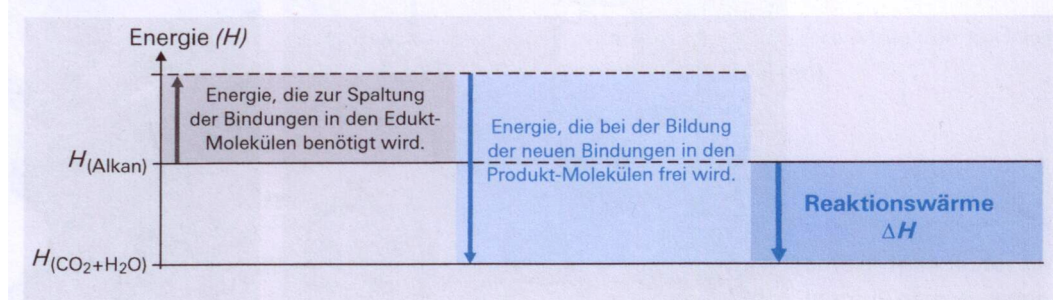
Eine funktionelle Gruppe eines Moleküls ist ein besonders reaktiver Teil, der die chemischen Eigenschaften eines Stoffs massgeblich bestimmt und somit eine Stoffklasse definiert.

R = Rest

Name	Funktionelle Gruppe	Gruppen-name	Eigenschaften
Offenkettige bzw. Acyclische Kohlenwasserstoffe	C–C	Alkane	reaktionsträge
	C=C	Alkene	Ungesättigte KW, Doppelbindung, reaktionsfreudig
	C≡C	Alkine	Ungesättigte KW mit Dreifachbindung, reaktionsfreudig
Cyclische Kohlenwasserstoffe		Cycloalkane	Ringe aus Kohlenstoff (Einfachb.)
		Cycloalkene	ungesättigter KW, C-Doppelbindung, Ringe
		Aromaten	Ringe mit delokalisierte Elektronen, starker Unterschied in chem. Eigenschaften
Halogenkohlenwasserstoffe			Mind. ein Halogen anstatt eines H-Atoms, oft umweltschädigend und verboten.
Stickstoffverbindungen	R–NH ₂	Amine	spielen in org. Verbindungen eine wichtige Rolle.
Aminosäuren	H ₂ N–R–COOH	Eiweisse	entstehen durch Verkettung von Aminosäuren.
Alkohole	R–OH		Polarer Molekülteil → H-Brücken
Phenole	R–OH		Gruppe an einen Aromatischen Ring gebunden, andere Eigenschaften als Alkohole.
Ether	R–O–R		Sauerstoffatombrücke
Aldehyde und Ketone	R–C=O	Carbonyl	Entstehen durch unvollständige Oxidation von Alkoholen haben eine Doppelbindung C und O
Carbonsäuren	R–COOH	Carboxy	Typische Säureeigenschaften können Protonen (H ⁺) abgeben
Fette (Ester)			Abgeleitet von den Carbonsäuren, Ester entstehen durch Reaktion einer Carbonsäure mit Alkohol entstehen.
Kohlenhydrate			Biomoleküle aus Mehrfachzuckern

Alkane

- Gesättigte bzw. acyclische Kohlenwasserstoffe. Ihre Moleküle können keine weitere Atome aufnehmen (addieren)
- Aggregationszustand je nach Grösse bei NB
 - Gasförmig: 1-4 C-Atomen
 - Flüssig: 5-16 C-Atomen
 - Fest: > 16 Atome
- Bei Verbrennung stark exotherm



Die bei der Reaktion frei werdende Reaktionswärme (ΔH) ist die Differenz zwischen der Energie, die benötigt wird, um die Bindungen in den Molekülen der Edukte zu spalten, und der Energie, die frei wird bei der Bildung der neuen Bindungen in den Produkt-Molekülen.

Da unpolare Bindungen kleinere Bindungsenergien haben als polare, muss zur Trennung der unpolaren (C–C, O=O) oder schwach polaren (C–H) Bindungen in den Edukt-Molekülen viel weniger Energie aufgewendet werden, als bei der Bildung der stark polaren Bindungen (C=O, H–O) der Produkt-Moleküle frei wird.

- Methan ist ein Tetraeder mit Bindungswinkel von 109.5°
- Bei grösseren Molekülen wird die Drehung (Konformation) schwieriger
 - «Zick-Zack-Form» ist die energetisch optimalste, in ihr liegen diese Moleküle im festen Zustand vor
- Homologe Reihe: C_nH_{2n+2}
 - Stoffklasse, Reaktive Gruppe fehlt

Cycloalkane

- Allgemeine Formel: C_nH_{2n}
- ähnliche Eigenschaften wie die Alkane.
- Ringe aus C-Atomen.
- In der Natur kommen nur Cyclopentan, -hexan und -heptan vor.
- Ringe mit weniger als 5 C-Atomen haben eine hohe Ringspannung, da ihre Bindungswinkel deutlich kleiner als der Tetraederwinkel ist.
- Cyclohexan: der Tetraederwinkel wird durch Faltung des Moleküls eingehalten → die «Sesselkonfiguration» ist am stabilsten.

Physikalische Eigenschaften der Alkane

- Zwischen den Alkan-Molekülen wirken nur VdW-Kräfte → Siede- und Schmelztemp. Nimmt mit Anzahl C-Atomen zu, bei NB sind Alkane mit 5-16 C-Atomen flüssig
- Unverzweigte n-Alkane haben die höchste Siede- und Schmelztemperatur, da sie die höchste Oberfläche haben → VdW-Kräfte
- Alkane sind hydrophob und lösen sich gut in unpolaren Lösungsmitteln. Alkane lösen lipophile Stoffe.

Reaktionen und Derivate der Alkane

Bei einer Substitution werden Atome oder Atomgruppen durch andere Atome oder Gruppen (Substituenten) ersetzt (substituiert) und es entstehen Derivate.

Bei der Reaktion eines Alkans mit einem Halogen (Halogenierung) entstehen ein Halogenalkan und ein Wasserstoffhalogenid. Die Reaktion wird durch Licht oder Wärme ausgelöst und ist eine Substitution, bei der schrittweise alle H durch Halogenatome ersetzt werden können.

Reaktionsmechanismus

Reaktionstyp	Gibt an <i>was</i> bei der Reaktion geschieht (z.B. eine Substitution)
Reaktionsmechanismus	Gibt an <i>wie</i> es geschieht
Heterolytische Trennung	Ein Partner übernimmt EP → zwei Ionen entstehen
Homolytische Trennung	Jeder Partner behält ein Elektron → zwei Radikale entstehen (z.B. normale Atome)

Radikalische Substitution

Licht wird benötigt um das Halogen in zwei Radikale zu trennen

Spaltung in Radikale Die Reaktion beginnt mit der **Spaltung der Br₂-Moleküle** (z. B. durch Licht) in Radikale (Br-Atome).

$$\text{Br}-\text{Br} \xrightarrow{\text{Licht}} \text{Br}\cdot + \cdot\text{Br}$$

Abspaltung eines H Ein Brom-Radikal spaltet vom Methan ein Wasserstoff-Atom ab und bildet mit diesem ein **Wasserstoffbromid-Molekül**.

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} + \text{Br}\cdot \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}\cdot \\ | \\ \text{H} \end{array} + \text{H}-\text{Br}$$

Bildung von CH₃Br Das zweite Brom-Radikal bildet mit dem **Methyl-Radikal ein Brommethan-Molekül**.

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}\cdot \\ | \\ \text{H} \end{array} + \cdot\text{Br} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{Br} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

Reaktionsschema Der Verlauf der radikalischen Substitution lässt sich in der Reaktionsgleichung andeuten. Achten Sie genau auf die Grenzen der Rasterfelder.

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} + \text{Br}-\text{Br} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{Br} \\ | \\ \text{H} \end{array} + \text{H}-\text{Br}$$

Allgemein Auch die anderen Alkane reagieren mit Halogenen nach dem gleichen Prinzip:

$$\begin{array}{c} \text{R}-\text{H} \\ \text{Alkan} \end{array} + \begin{array}{c} \text{X}-\text{X} \\ \text{Halogen} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{R}-\text{X} \\ \text{Halogenalkan} \end{array} + \begin{array}{c} \text{H}-\text{X} \\ \text{Wasserstoffhalogenid} \end{array}$$

Halogenalkane

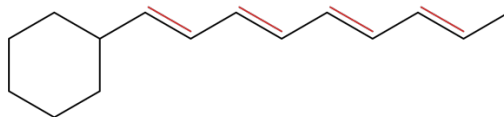
- Technisch interessante Eigenschaften: Nutzung als unbrennbare, lipophile und inerte Lösungs-, Lösch-, und Kühlmittel sowie Treibgase, wurden aufgrund von Gesundheits- und Umweltbedenken jedoch oft verboten
- FCKW: Alle H-Atome sind durch Halogenatome ersetzt, Einsatz als Treibgas, Lösungs- und Kühlmittel → heutiges Verbot
- FCKW-Moleküle katalysieren unter der Wirkung von UV-Strahlen den Abbau von Ozon, die das Leben von ebendieser Strahlung schützt. Zusätzlicher Effekt als Treibhausgas.

Alkene

- Allgemeine Formel: C_nH_{2n} ($n > 1$)
- Ungesättigtes KW
- Zwei C-Atome durch *eine Doppelbindung* gebunden → zwei H-Atome weniger
- Kann durch Lösen der Doppelbindung, einfach 2 Atome aufnehmen → Additionsreaktion (auch ohne zusätzliche Aktivierung bei RT)

Polyene

- KW mit mehreren Doppelbindungen (Diene, Triene etc oder allgemein Polyene)
- Konjugierte Doppelbindungen: Doppel- und Einfachbindung wechseln ab



Cycloalkene

- Allgemeine Formel: C_nH_{2n-2}
- Ringförmige Moleküle mit einer Doppelbindung, ähnliche Eigenschaften wie Alkene

C=C-Doppelbindung

- Die beiden Elektronenwolken sind durch Abstoßung bananenförmig gekrümmt
- Doppelbindung ist weniger stark als zwei Einzelbindungen zusammen → beide Elektronenpaare stoßen sich gegenseitig ab
- Nach dem π/σ -Modell (Pi/Sigma) gibt es eine stärkere Bindung (Sigma) und eine schwächere (Pi)

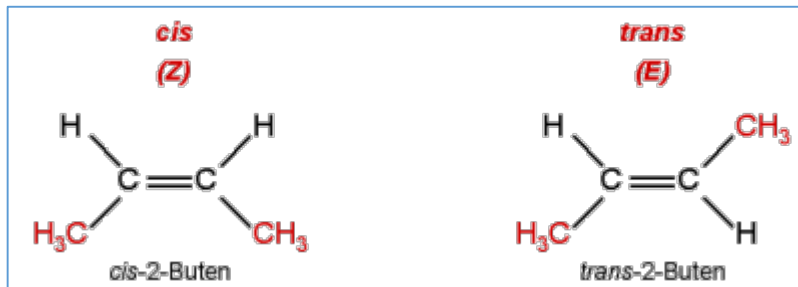
Molekülgestalt

- Ethen
 - planar (alle sechs Atome liegen in einer Ebene)
 - Bindungswinkel betragen jeweils 120°

	Ethen	Propen	Propadien	1,3-Butadien
Struktur (ohne Symbole für H)				
Anzahl Nachbaratome	3 3	3 3 4	3 2 3	3 3 3 3
Bindungswinkel	120° 120°	120° 120° 109°	120° 180° 120°	120° 120° 120° 120°
Molekülgestalt	planar		planar, C-Kette linear	planar

- kein Dipol, weil Partialladungen zusammenfallen
- Bindungswinkel zwischen einer C=C-Doppelbindung und einer C-C-Einfachbindung
 - 120° (hat 3 Bindungspartner)
- Bindungswinkel zwischen zwei C=C-Doppelbindungen
 - 180° , linear (hat 2 Bindungspartner)
- konjugierte Doppelbindungen (Einfach- und Doppelbindung wechseln ab)
 - alle Bindungswinkel sind 120°
 - planar

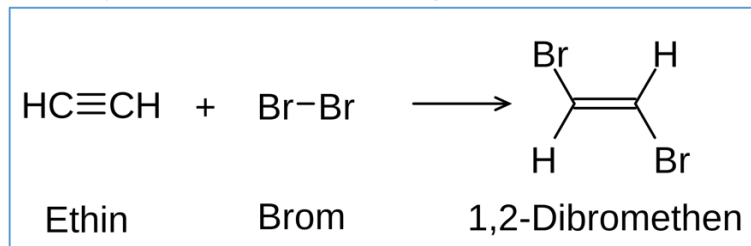
Behinderte Drehbarkeit und cis-trans-Isomerie



- C=C-Doppelbindung ist nicht drehbar → **cis-trans-Isomerie**
 - Konstitution unterschiedlich, Konfiguration gleich
 - Räumliche Anordnung unterscheidet sich → Stereoisomere
 - *cis* = auf gleicher Seite
 - *trans* = vis-à-vis
- Unterscheiden sich in ihren Eigenschaften → *cis*-Isomere können Dipole sein
- Namensgebung: *cis*- bzw. *trans*- wird vorangestellt
 - z.B. *cis*-1,2-Dichlorethen

Reaktionen der Alkene

Elektrophile Addition von Halogenen



- Halogene können bei RT ohne Aktivierungsenergie addiert werden
- Bromwasserprobe → Nachweisreaktion für ungesättigter Charakter einer Verbindung → Stoff in Bromwasser → Entfärbung wenn erfolgreich
- Halogene haben hohe EN, Doppelbindung hohe Elektronendichte → Wenn Halogen-Molekül (X_2) in die Nähe der Doppelbindung wird das nähere Atom angezogen → unpolare X-X-Bindung wird polarisiert → heterolytisch getrennt
- X^+ -Ion greift Doppelbindung an (ist *elektrophil*) → π -Bindung resp. Doppelbindung wird gelöst → beide X-Ionen können je an C-Atom gebunden werden

Reaktionstyp	Addition bei Alkenen	Substitution bei Alkanen
Allgemeine Gleichung	$ \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array} + \text{X}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{X} & \text{X} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + \text{X}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} & \text{X} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} + \text{HX} $
Edukte	Alken + Halogen	Alkan + Halogen
Produkt(e)	Dihalogenalkan	Halogenalkan + Wasserstoffhalogenid
Aktivierungsenergie	sehr gering, bei RT ohne Licht	Licht oder Wärme
Mechanismus	elektrophil, ionisch	radikalisch

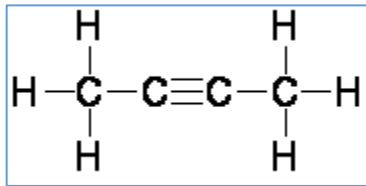
Addition von Säuren

- Bei einer Säure greift das elektrophile Proton H^+ die π -Bindung an
- Proton H^+ und Säurerest A^- werden je an C-Atom gebunden

Hydrierung (radikalische Addition von Wasserstoff)

- Hydrierung erfolgt nach einem radikalischen Mechanismus
 - Katalysator (Edelmetall z.B. Platin) um H_2 zu trennen wird benötigt

Alkine

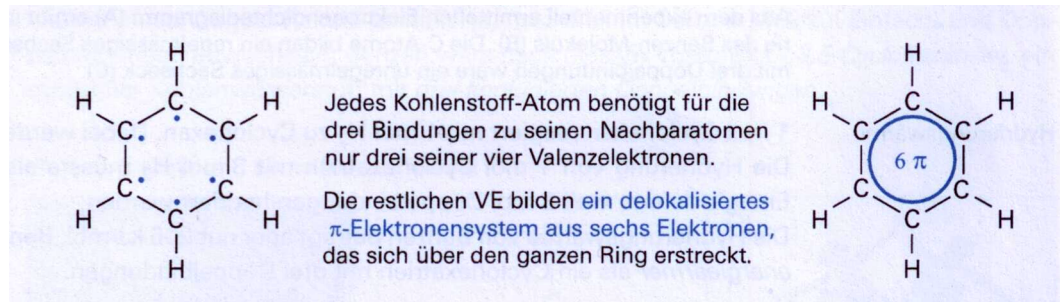


- Ungesättigte KW mit *einer Dreifachbindung*
- Allgemeine Formel: C_nH_{2n-2} ($n > 1$)
- cis-trans-Isomerie kommt nicht vor, weil die C-Atome der $-C\equiv C-$ Gruppe nur ein Bindungspartner besitzen
- reagieren ähnlich wie Alkene, durch Addition entsteht ein Alken(derivat), welches meist leicht zu einem Alkan(derivat) weiterreagiert
- Konfiguration kann durch hohe Temperatur oder UV-Licht verändert werden
→ dauerhaft

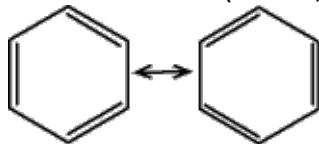
Aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzen)

- C_6H_6
- Benzen-Molekül ist cyclisch
- erst vermutete man, dass Benzen ein cyclisches KW mit drei konjugierten Doppelbindungen ist, jedoch:
 - es existiert nur *ein* 1,2-Dibrombenzen, eigentlich müssten zwei Isomere existieren
 - es ist ein regelmässiges Sechseck → alle C,C-Bindungen müssen gleichwertig sein
 - Lösung: mesomere Struktur

Mesomere Struktur des Benzen



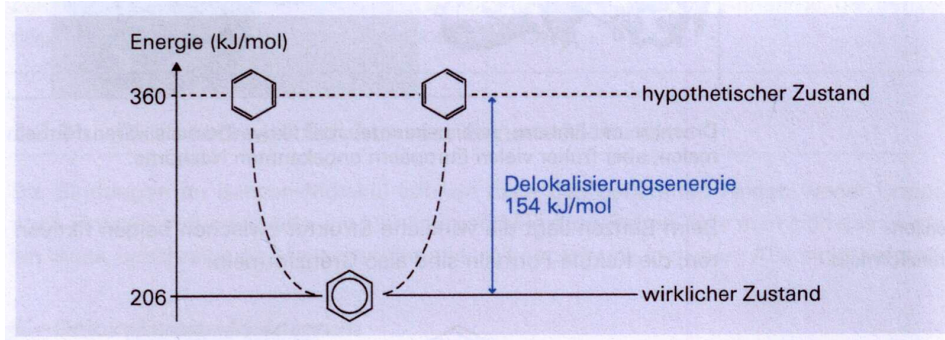
- planar und Bindungswinkel von 120°
- C,C-Bindungen sind Einfachbindungen → ein Elektron ist delokalisiert (π -Elektron)
- Alle 6 π -Elektronen bilden zusammen einen Aufenthaltsraum der sich über den ganzen Ring erstreckt → π -Elektronensystem
 - Bindungen werden so verstärkt, fast so stark wie C=C-Doppelbindungen
- Wirkliche Struktur liegt zwischen den zwei fiktiven Strukturen
→ Benzen ist mesomer (mesos, zwischen; meros, Teilchen)



- Mesomeriepfeil (\leftrightarrow) verdeutlicht, dass wirkliche Struktur zwischen dargestellten Grenzformeln liegt
- Unpraktische Darstellung, deshalb Robinson-Formel:



- Delokalisierung stabilisiert das System
 - Teilchen mit delokalisierten Elektronen sind energieärmer und damit stabiler als solche mit lokalisierten Elektronen
 - → Energiedifferenz zwischen diesen Teilchen heisst: *Delokalisierungsenergie*

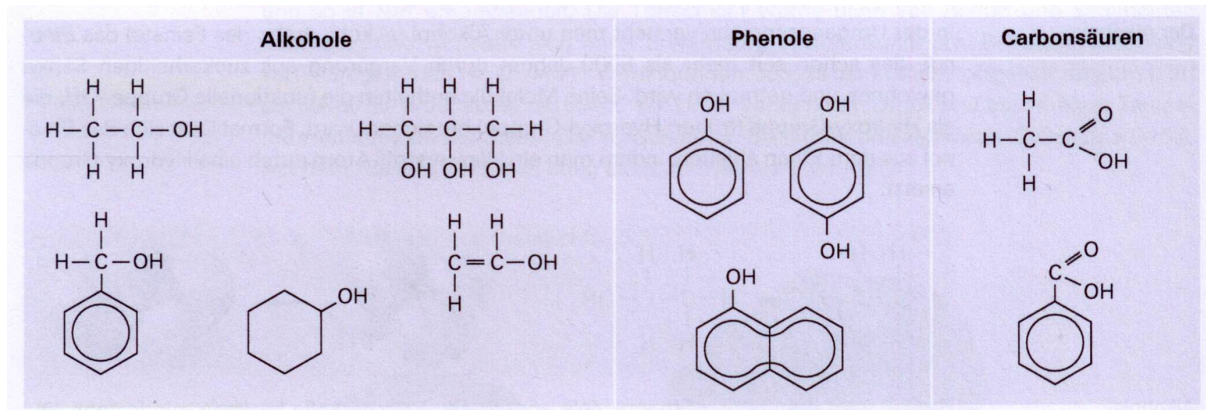


- Substitution vor Addition
 - Bei der Substitution bleibt das π -Elektronensystem (energieärmer) erhalten
→ bevorzugt

Halogenierung von Benzen (elektrophile Substitution)

- Benzen reagiert mit Halogenen in Anwesenheit eines Katalysators bei RT
- Die Wasserstoff-Atome werden durch Halogen-Atome **substituiert**.
- Die Produkte sind Halogenbenzene und Wasserstoffhalogenide.
- Brom-Molekül wird heterolytisch gespalten → Brom-Ionen entstehen
- Das positive, **elektrophile** Br^+ -Ion ersetzt am Benzenring das H^+ -Ion

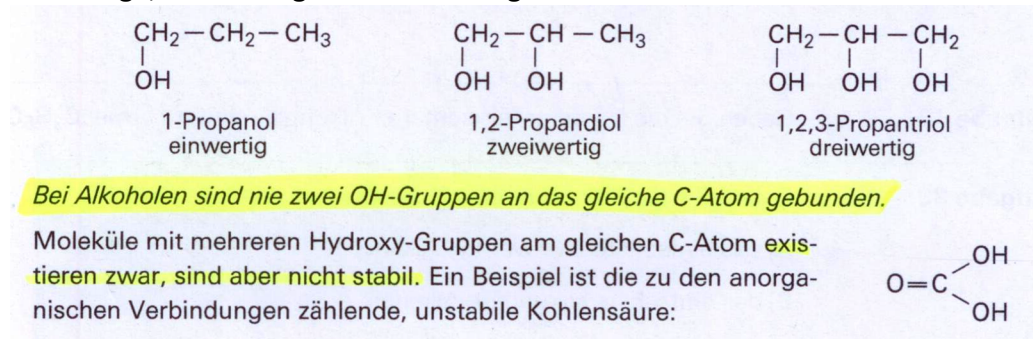
Alkohole



- Allgemeine Formel: $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$
- Enthalten mindestens eine Hydroxy-Gruppe $-\text{OH}$ (funktionelle Gruppe)
 - Nicht direkt an aromatische KW gebunden \rightarrow heissen dann **Phenole**
 - **Aromatische Alkohole**: Hydroxy-Gruppe an Seitenkette, nicht direkt am Ring
- Carbonsäure: OH-Gruppe Teil der COOH -Gruppe \rightarrow keine Alkohol
- Hydroxy \neq Hydroxid: Hydroxide sind Ionenverbindungen mit Hydroxid-Ionen OH^-
 - z.B. Natriumhydroxid NaOH
- es sind nie zwei OH-Gruppen an das gleiche C-Atome gebunden (existieren, aber instabil)

Klassifizierung

- nach Wertigkeit: Anzahl Hydroxy-Gruppen
 - einwertige, zweiwertige und dreiwertige Alkohole



- nach **Anzahl** der Bindungen, welche das C-Atom hat, welches die OH-Gruppe trägt
 - primäres Alkohol: 1-Propanol (C-Atom hat nur **einen** C-Partner)
 - sekundäres Alkohol: 2-Propanol (C-Atom hat **zwei** C-Partner)
 - tertiäres Alkohol: 2-Methyl-2-propanol (C-Atom hat **drei** C-Partner)
 - bei mehreren OH-Gruppen: 1,2-Propanol ist ein primäres *und* sekundäres Alkohol

Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

- Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ist der wichtigste Alkohol
- Herstellung
 - wird mittels der alkoholischen Vergärung der Hefepilze gewonnen
 - durch Hydrierung von Ethen hergestellt.
- als Genussmittel, Lösungsmittel, als Ausgangsstoff von weiteren Synthesen und als Treibstoff verwendet.

Weitere wichtige Alkohole

- Methanol: Treibstoff und Formaldehyd-Synthese
- Ethandiol (Glykol): Frostschutzmittel
- Propantriol (Glycerin): Lösungsmittel, Herstellung von Nitroglycerin als Sprengstoff und Medikament

Molekülbau und physikalische Eigenschaften

- Wasserähnliche Struktur → Derivate von Wasser → ein H mit KW-Rest ersetzen
- Alkohole sind Dipole und bilden Wasserstoffbrücken → hydrophil
- Kombination aus hydrophilen OH-Gruppe und lipophilen, unpolaren KW-Rest
 - Umso höhere C-Zahl, umso grösserer Einfluss des KW-Rest
 - → Löslichkeit abhängig von C-Zahl
- mehrwertige Alkohole lösen besser in Wasser als einwertige
- höhere Siede- und Schmelztemperatur als Alkane → Wasserstoffbrücken (zusätzlich zu VdW-Kräfte)
 - → mehrwertige Alkohole noch höhere Siede- und Schmelztemperatur

Aldehyde und Ketone

- Allgemeine Formel: $C_nH_{2n}O$
- Entstehen durch unvollständige Oxidation (Dehydrierung) von primären bzw. sekundären Alkoholen
 - 2 H werden entfernt
- Carbonylverbindungen, funktionelle Gruppe: Carbonyl-Gruppe $-C=O$
- Aldehyd: Endung **-al**
Gruppenformel **R-CHO**
- Keton: Endung **-on**
Gruppenformel **R-CHO-R'**
mindestens 3 C-Atome (sonst wäre es kein sekundärer Alkohol)
- Siedetemperatur zwischen Alkanen und Alkoholen
 - Keine Wasserstoffbrücken möglich
 - Dipol-Dipol-Kräfte wegen polarer Gruppe ($>C=O$)
- Niedere Aldehyde und Ketone in Wasser löslich, weil die polare Doppelbindung addiert Wassermolekül → Wasserstoffbrücke zwischen entstandenen Hydroxygruppe und Wasser

Oxidierbarkeit der Aldehyde

- RM, durch schwache OM wie Kupfer(II)-Ionen oxidierbar
 - es entsteht Carbonsäure mit Carboxy-Gruppe $-COOH$
- Aldehyd-Nachweis durch Silberspiegel-Probe
 - Fragliches Material in Silbersalz-Lösung + Wärme, wenn Aldehydhaltig → Silber scheidet sich an Glaswand ab
$$CH_3COOH + 2 Ag + 4 NH_3 + H_2O$$

Wichtige Aldehyde und Ketone

- Formaldehyd bzw. Methanal (HCHO)
 - Herstellung von Kunststoffen
 - Konservierungsmittel (auch bei Räuchern)
 - Giftig
- Aceton bzw. Propanon (CH₃COCH₃)
 - Gutes Lösungsmittel für viele organische Stoffe
- Viele Naturstoffe bzw. Aromen haben Aldehyde und Ketone
 - Können auch synthetisch hergestellt werden

Carbonsäuren

- Bestehend aus Carboxy-Gruppe (-COOH)
 - Zusammengesetzt aus **Carbonyl**- (-CO) und **Hydroxy**-Gruppe (-OH)
- Säure, kann H⁺-Ion von -COOH abgeben → negativ geladen Carboxylat-Ion entsteht
- Kann aus Oxidation von KW und Aldehyden entstehen
- Siede- und Schmelztemperatur noch höher als bei Alkanole
 - Verbinden sich zu Dimere (Doppelmoleküle verbunden durch zwei H-Brücken) → bleiben sogar bei Verdampfen zusammen, zudem sind die VdW-Kräfte höher (doppelte Molekülmasse)
 - Alkandisäuren haben noch höhere Temperaturen → doppelte Anzahl H-Brücken
- Weniger als 5 C-Atome: beliebig wasserlöslich (stark polare Carboxy-Gruppe und H-Brücken)
- Mehr als 5 C-Atome: nahezu unlöslich (lipophile Charakter des grossen Alkylrests überwiegt)

Einteilung

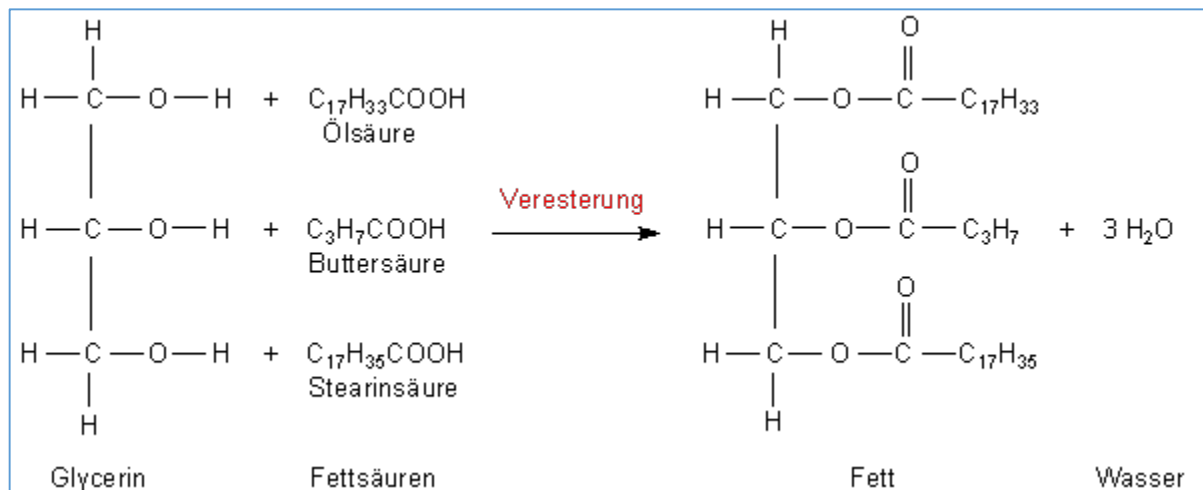
Anzahl Carboxy-Gruppen	Monocarbonsäure, Dicarbonsäure etc.
Nach an die Carboxy-G. gebundener Rest	gesättigte, ungesättigte oder aromatische Carbonsäuren
Carbonsäuren mit mehreren funktionellen Gruppen	Mehrfunktionelle Carbonsäuren Hydroxysäuren (zusätzlich -OH) Ketosäuren (zusätzlich -C=O) Aminosäuren (zusätzlich -NH ₂)

Wichtige Carbonsäuren

Formel	IUPAC-Name	Trivialname	Trivialname der Salze	Vorkommen
HCOOH	Methansäure	Ameisensäure	Formiate (formica, lat.: Ameise)	Ameisen- und Wespengift, Brennesseln
CH ₃ COOH	Ethansäure	Essigsäure	Acetate (acetum, lat.: Essig)	Essig
C ₂ H ₅ COOH	Propansäure	Propionsäure	Propionate	etherische Öle
C ₃ H ₇ COOH	Butansäure	Buttersäure	Butyrate (butyrum, lat.: Butter)	ranzige Fette, Schweiss

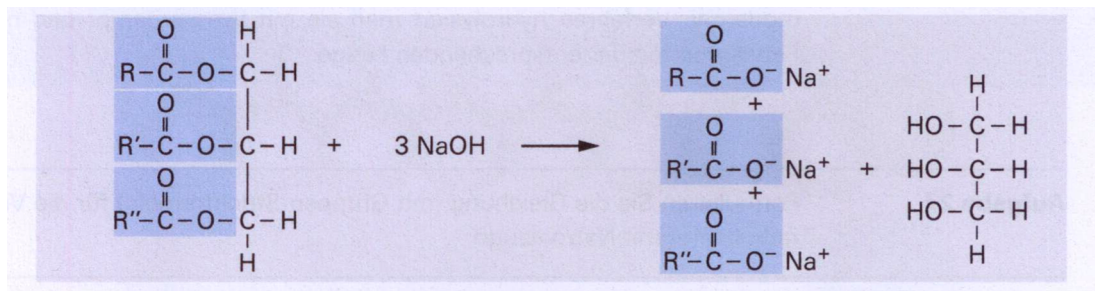
[lernen!]

Fette



- Dreifache Veresterung von Glycerin (Propantriol, dreiwertig) mit drei Fettsäure-Moleküle
- Fette sind Gemische von verschiedener Fettmoleküle → Unscharfer Schmelzbereich
 - Schmelzbereich umso tiefer, je höher der Gehalt ungesättigter Fettsäuren
 - Gesättigte Fettsäuren liegen parallel → höhere zwischenmolekulare Kräfte
 - Ungesättigte Fettsäuren haben bei jeder Doppelbindung Knicke in Kette (wegen cis-Konfiguration)
- Natürliche Fettsäuren
 - Zahl der C-Atome sind immer gerade, zwischen 12-18
 - Offenkettige, unverzweigte Ketten
- Hydrophob wegen langen KW-Rest
- Margarineherstellung durch selektive Hydrierung → ungesättigte FS werden teilweise gesättigt → Schmelzbereich steigt
- Lipide = fettähnliche Stoffe
 - Phospholipide: Phosphorsäure statt FS; für Biomembran
 - Wachse: Ester von einwertigen Alkoholen
 - Stereoid (z.B. Cholesterin): spezielles System von 4 Ringen

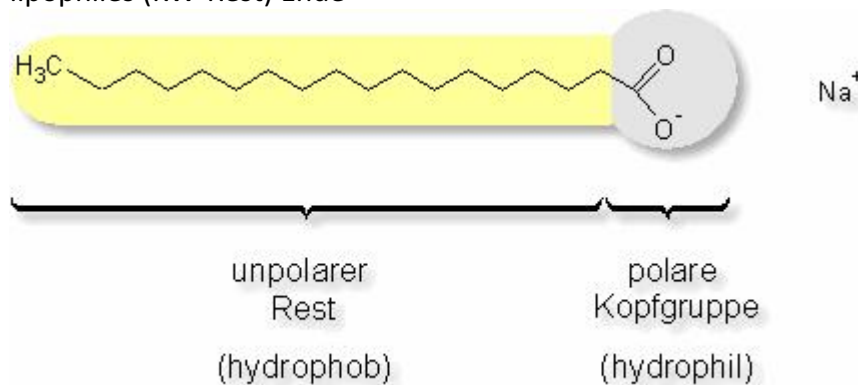
Seifen



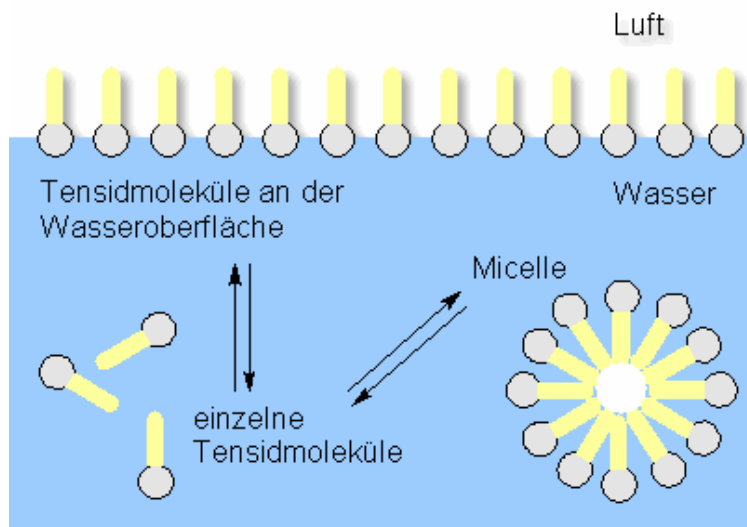
- Fett mit Laugen (Natrium- oder Kaliumhydroxid) kochen → Fetthydrolyse → Fettsäure laufen neutralisiert
 - Natronlauge → feste Kernseife
 - Kalilauge → weiche Schmierseife
- Seifen sind Salze; Lösungen enthalten Kationen (Na^+ oder K^+) und Fettsäure-Anionen ($\text{R}-\text{COO}^-$)

Tensidwirkung

- Tenside vermindern Grenzflächen- bzw. Oberflächenspannung
 - Grenzflächen zwischen heterogenen Gemische (z.B. Öl und Wasser)
- Bei Seifen sind nur die Fettsäure-Anionen für Waschwirkung verantwortlich = anionische Tenside
- Tenside haben je ein hydrophiles (Carboxylat-Gruppe) und lipophiles (KW-Rest) Ende



- Carboxylat-Gruppe wird von Wasser-Dipolen hydratisiert → KW-Rest schaut aus Wasser oder nach innen gekehrt bei Micellen



- Weniger Kräfte zwischen Seifen-Anionen und Wasser-Molekülen als Wasserstoffbrücken zwischen Wasser-Moleküle → flüssiger

Waschwirkung

- Seifen-Anionen lagern an Textil und Schmutz → beide negativ aufgeladen → stoßen sich gegenseitig ab → Schmutz löst sich
- Schmutzteilchen wird umhüllt → Abstoßung und zerkleinert in kleinere Teilchen
→ Hydrophobe Stoffe werden emulgiert bzw. suspendiert

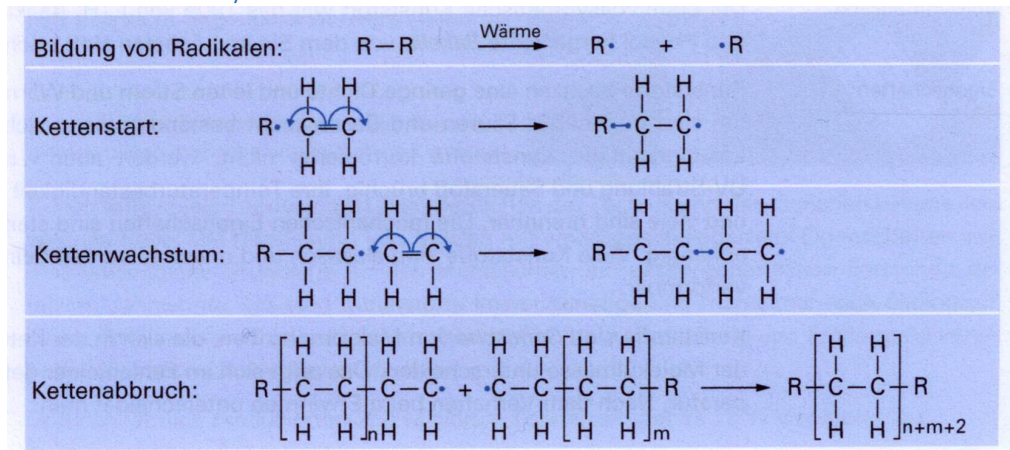
Nachteile von Seifen

- Alkalische Wirkung (Seifen-Anionen sind starke Basen)
 - Zerstört saure Schutzschicht von Haut und schädigt Textil
- Säureempfindlichkeit (werden einfach protoniert → unlösliche Fettsäuren)
- Kalkempfindlichkeit (Teil der Seifen-Anionen bindet mit Kalk → fällt aus als Calciumsalz)
 - Verminderte Waschkraft und schädigt Gewebe
 - Enthärter vermindern das Problem
- Synthetische Tenside haben diese Probleme weniger
 - pH-neutral und keine Bildung von Calciumsalze
 - auch benutzt als Emulgatoren und Stabilisatoren
- Wasserhärte = Gehalt von Ca- und Mg-Ionen

Polymere

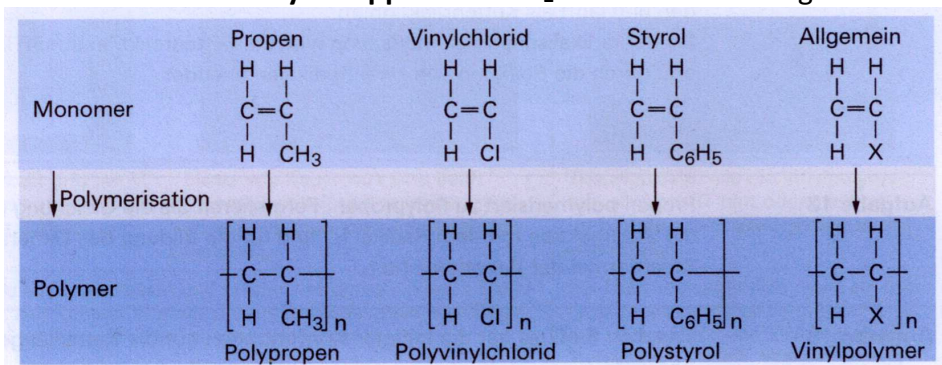
- Tausende Alken-Moleküle (Monomere) verbinden sich zu Riesenmoleküle (Polymere)
- Vinylpolymere = Polymere aus Alkenen und -derivaten
- Vorsilbe **Poly-** vor Name der Repetiereinheit z.B. Polypropen
 - Keine C=C-Doppelbindung mehr!

Radikalische Polymerisation

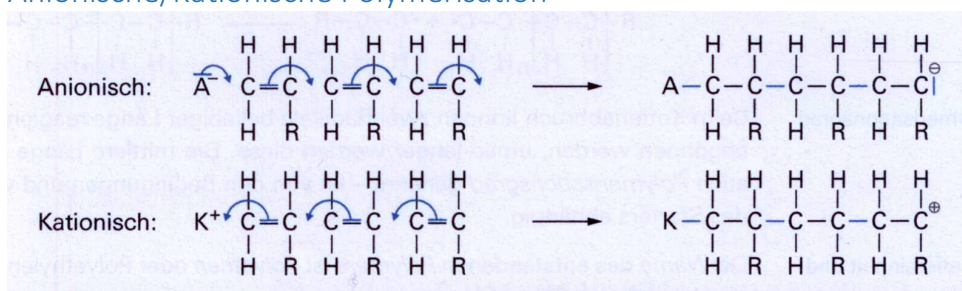


An Beispiel des Ethens:

- Ein Radikal (Starter) trennt die π -Bindung (Doppelbindung) des Ethens homolytisch
 \rightarrow Radikal verbindet sich \rightarrow ein EP übrig \rightarrow R-Ethyl-Radikal \rightarrow neu Ethene werden angegriffen \rightarrow Kettenwachstum
- Kommt R-Ethyl-Radikal mit anderem Radikal zusammen, stoppt Reaktion \rightarrow Kettenabbruch
- Polymerisationsgrad = mittlere Länge der Makromoleküle
 - Abhängig von Bedingungen und Konzentrationsgrad des Starters
- Alle enthalten die **Vinyl-Gruppe** $R-CH=CH_2 \rightarrow$ radikal kann angreifen



Anionische/Kationische Polymerisation



- Reaktion wird durch ein Anion oder Kation gestartet
- Bindung wird heterolytisch getrennt (zieht ein C der Doppelbindung mehr an \rightarrow Doppelbindung wird getrennt)

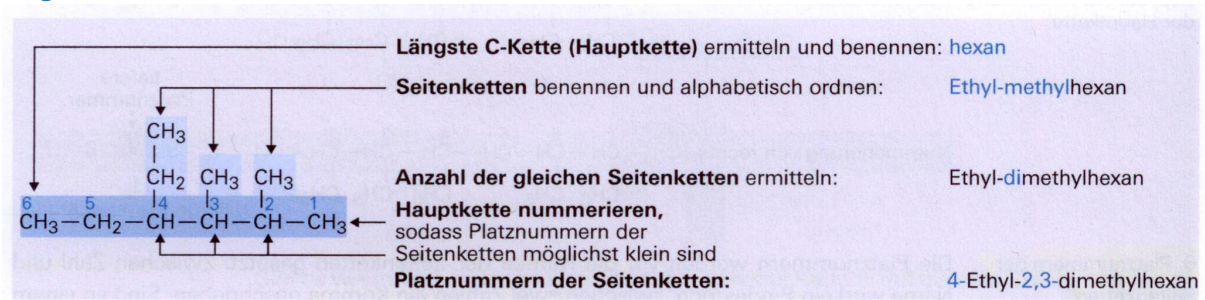
Benennung der Kohlenwasserstoffe

Nach IUPAC-Regeln

Grundnamen

Name des Alkans	Summenformel	Alkyl-Gruppe	Name der Alkyl-Gruppe
Methan	CH_4	$-CH_3$	Methyl-
Ethan	C_2H_6	$-C_2H_5$	Ethyl-
Propan	C_3H_8	$-C_3H_7$	Propyl-
Butan	C_4H_{10}	$-C_4H_9$	Butyl-
Pentan	C_5H_{12}	$-C_5H_{11}$	Pentyl-
Hexan	C_6H_{14}	$-C_6H_{13}$	Hexyl-
Heptan	C_7H_{16}	$-C_7H_{15}$	Heptyl-
Octan	C_8H_{18}	$-C_8H_{17}$	Octyl-
Nonan	C_9H_{20}	$-C_9H_{19}$	Nonyl-
Decan	$C_{10}H_{22}$	$-C_{10}H_{21}$	Decyl-

Regeln



mit Doppelbindung

- man sucht die längste C-Kette, welche die **alle** Doppelbindungen enthält
 - gleiche Benennung wie bei Alkanen, aber mit Endung **-en**
 - bei Polyenen: -n ersetzen mit -dien, -trien usw. (das a bleibt)
 - z.B. pentadien (2 Doppelbindungen)
- Hauptkette wird so nummeriert, so dass Doppelbindungen bzw. Seitenkette möglichst kleine Nummer
 - Doppelbindungen haben dabei Priorität
- Platznummer, an denen die Doppelbindungen beginnen, stellt man vor Stammnamen mit Bindestrichen
 - z.B. -1,3-pentadien
- Seitenkette werden benannt und gezählt wie bei Alkanen

mit Dreifachbindung

- gleiche Regeln wie bei Alkenen, einziger Unterschied: anstatt -en wird **-in** verwendet
- z.B. 3-Methyl-1-butin; 1,4-Pentadiin

Alkohole

- mit **Endsilbe -ol** z.B. Methanol, Butenol
- sind mehrere Hydroxy-Gruppen vorhanden, wird Anzahl mit den Silben di, tri usw vor Endung -ol angegeben
- Platznummer der Hydroxy-Gruppe vor Stammnamen, Platznummer möglichst klein

Beispiele

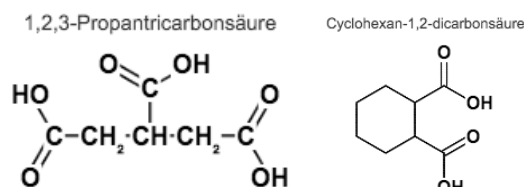
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	1-Propanol (Propan-1-ol)
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{OH} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$	1-Buten-2-ol (But-1-en-2-ol)
$\begin{array}{c} \text{OH} & \text{H} & \text{OH} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	1,3-Propandiol (Propan-1,3-diol)
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{CH}_3 & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$	2-Methyl-1-propanol (2-Methylpropan-1-ol)

Aldehyde und Ketone

- Aldehyd: **Endsilbe -al** z.B. Methanal, Ethanal, Propanal $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$
keine Platznummer nötig (immer an C^1)
- Keton: **Endsilbe -on** z.B. Propanon CH_3COCH_3
Platznummer nur nötig bei min. 4 C-Atomen z.B. 3-Pentanon




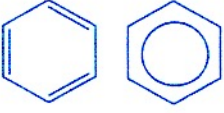

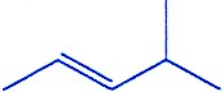



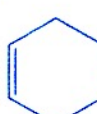
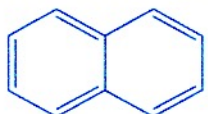
Carbonsäuren

- Namen der KW und Endung –säure
 - Methan (CH_4) \rightarrow Methansäure (HCOOH)
 - Dicarbonsäure (zwei Carboxy-Gruppen): -disäure
- Carboxy-Gruppe hat Priorität bei Nummerierung gegenüber anderen funkt. Gruppen
 - C-Atom der Carboxy-Gruppe ist immer Nummer 1
- Hauptkette wird so gewählt, dass beide COOH -Gruppen enthalten sind
 - Steht also immer am Kettenende \rightarrow braucht keine Platznummer im Namen
- Wenn an Ring gebunden, wird sie bei Benennung des KW nicht mitgezählt, sondern mit Endung –carbonsäure angegeben



- Salze mit Carboxylat-Ionen mit Endung **-oat** statt –säure
 - Salz der Methansäure: Methanoat, mit Natrium: Natriummethanoat

Kohlenwasserstoffe (Übersicht)

gesättigte KW	ungesättigte KW		aromatische KW
Alkane unverzweigt = <i>n-Alkane</i> allg. Summenformel: C_nH_{2n+2} Beispiel:  n-Hexan	Alkene unverzweigt allg. Summenformel: C_nH_{2n} Beispiel:  trans-2-Hexen	Alkine unverzweigt allg. Summenformel: C_nH_{2n-2} Beispiel:  2-Hexin	Benzol Summenformel: C_6H_6 Strukturformel (mehrere Darstellungsmöglichkeiten): 
verzweigt = <i>iso-Alkane</i> allg. Summenformel: C_nH_{2n+2} Beispiel:  3-Methylpentan	verzweigt allg. Summenformel: C_nH_{2n} Beispiel:  4-Methyl-trans-2-penten	verzweigt allg. Summenformel: C_nH_{2n-2} Beispiel:  4-Methyl-1-pentin	Benzol mit Seitenketten = <i>Phenylalkane</i> Beispiel: Ein Benzolring mit zwei Methylgruppen  1,4-Dimethylbenzol
ringförmig = <i>Cycloalkane</i> allg. Summenformel: C_nH_{2n} Beispiel:  Cyclohexan	ringförmig = <i>Cycloalkene</i> allg. Summenformel: C_nH_{2n-2} Beispiel:  Cyclohexen	ringförmig = <i>Cycloalkine</i> allg. Summenformel: C_nH_{2n-4} nicht von Bedeutung (kein Beispiel machen)	kondensierte aromatische KW Beispiel: Ein Molekül mit zwei kondensierten Benzolringen  Summenformel dieses Beispiels: $C_{10}H_8$ Naphthalin
Typische Reaktionen: radikalische Substitutionsreaktionen	Typische Reaktionen: Additionsreaktionen	Typische Reaktionen: Additionsreaktionen	Typische Reaktionen: elektrophile Substitutionsreaktionen (Additionsreaktionen)

KW	Allgemeine Formel	Besonderheit
Alkan	C_nH_{2n+2}	Einfachbindung
Cykloalkan	C_nH_{2n}	Einfachbindung, Cyclisch
Alken	C_nH_{2n} ($n > 1$)	Doppelbindung
Cykloalken	C_nH_{2n-2}	Doppelbindung, Cyclisch
Alkin	C_nH_{2n-2} ($n > 1$)	Dreifachbindung
Benzen	C_6H_6	Aromatischer Ring
Alkohol	$C_nH_{2n+1}OH$	Hydroxy-Gruppe $-OH$
Alkedhyde und Ketone	$C_nH_{2n}O$	Carbonyl-Gruppe $-C=O$, Oxidation von prim./sek. Alkohol ($\rightarrow 2 H$ entfernt)

Wichtige KW

Stoffklasse	Trivialname	IUPAC-Name	Summenformel
Alkane		Methan	CH_4
		Ethan	C_2H_6
		Propan	C_3H_8
		Butan	C_4H_{10}
		Pentan	C_5H_{12}
		Hexan	C_6H_{14}
		Heptan	C_7H_{16}
		Octan	C_8H_{18}
		Nonan	C_9H_{20}
		Decan	$C_{10}H_{22}$
Aromate	Benzol	Benzen	C_6H_6
Alkahole	Alkohol/Brennsprit	Ethanol	C_2H_5OH
	Glykol	1,2-Ethandiol	$C_2H_6O_2$
	Glycerin	1,2,3-Propantriol	$C_3H_8O_3$
Aldehyde	Formaldehyd	Methanal	CH_2O
Ketone	Aceton	Propanon	C_3H_6O
Carbonsäuren	Ameisensäure	Methansäure	$COOH$
	Essigsäure	Ethansäure	CH_3COOH
	Buttersäure	Butansäure	C_3H_7COOH
	Oxalsäure	Ethandisäure	$HOOC-COOH$