

Organische Chemie

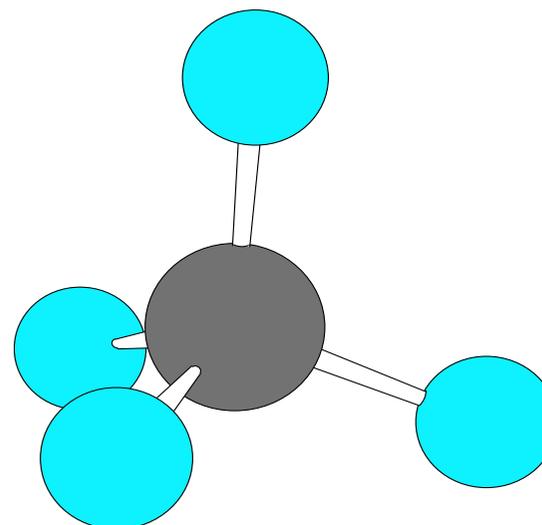
3. Semester, SWS: V-3, Ü-1, P-3;
insgesamt: V-45, Ü-15, P-45;
ECTS – 8

Lehrstuhl für Organische Chemie
(ivanov43@gmail.com)

1. Gegenstand der Organischen Chemie, Klassifizierung der organischen Verbindungen, Isomerie, Haupttypen organischer Reaktionen.

Der Kohlenstoff

- Stellung im Periodensystem
 - 4. Hauptgruppe,
d. h. 4 Außenelektronen
 - 2. Periode
- Nichtmetall
- Modifikationen
 - Diamant
 - Graphit
 - Fulleren



Das Kohlenstoffatom bildet leicht 4 kovalente Bindungen zu anderen Kohlenstoffatomen oder zu Heteroatomen



Was fällt bei den organischen Verbindungen auf?

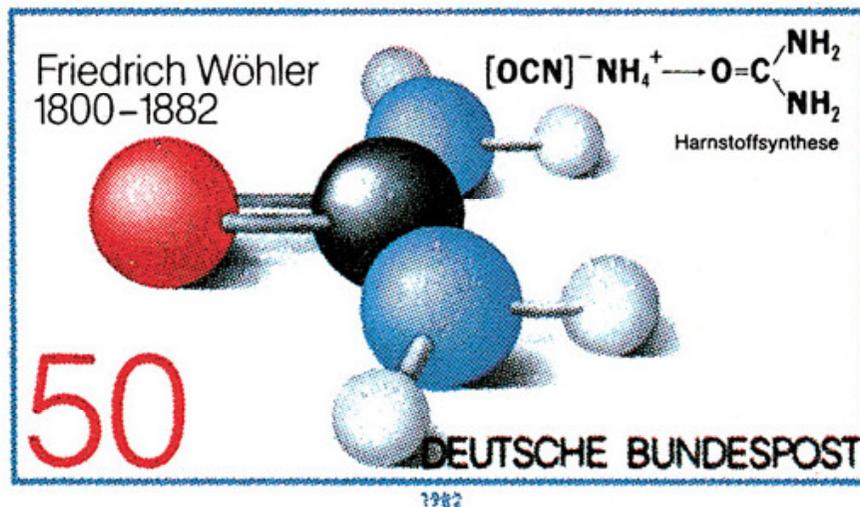
1. Sie sind nur aus **relativ wenigen Elementen** aufgebaut.
In den genannten Beispielen: C, H, O, N, S
2. In jeder Verbindung ist **mindestens ein C-Atom** enthalten.
3. C-Atome sind untereinander zu **Ketten** verbunden.
4. Es sind **sehr große Moleküle** möglich.

Sind das bereits alle Besonderheiten der „organischen Verbindungen“?

Aber Friedrich Wöhler (1800-1882) hat diese Lehrmeinung widerlegt!

In einem berühmten Versuch erzeugte er 1828 Harnstoff – eine „organische“ Verbindung! – aus einem „anorganischen“ Grundstoff (Ammoniumcyanat, NH_4OCN).

Harnstoffsynthese:



Die prinzipielle Schranke zwischen *unbelebten* (*anorganischen*) und *belebten* (*organischen*) Verbindungen war damit gefallen. Organische Verbindungen können (grundsätzlich) wie alle anderen im Labor hergestellt werden.



Was macht das C-Atom so einzigartig?

C-Atome sind in der Lage, in fast jeder denkbaren Kombination und Molekülgröße Ketten und Ringe untereinander und unter Beteiligung anderer Atome (vor allem O, N und S) zu bilden.

Darüber hinaus gehen sie Bindungen zu H-Atomen und einigen anderen Atomen ein (z. B. zu Phosphor- und Halogenatomen).

Aus der Vielzahl der möglichen Molekülgrößen, Strukturen und Zusammensetzungen ergibt sich die riesige Zahl organischer Verbindungen.

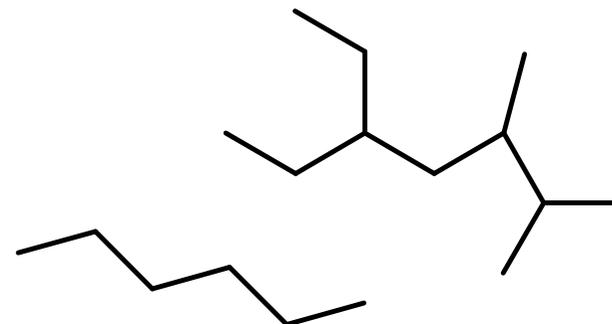
Und noch eine Besonderheit:

Aufgrund der Zusammensetzung liegt in organischen Verbindungen als Bindungsart fast ausschließlich die **Elektronenpaarbindung** vor.

3. Verbindungsklassen und funktionelle Gruppen in der organischen Chemie

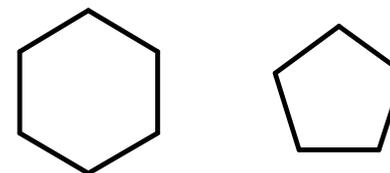
■ Aliphatische Verbindungen

- geradlinige und verzweigte Kohlenstoffketten



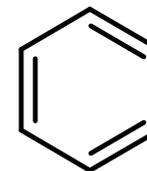
■ Alicyclische Verbindungen

- Kohlenstoffringe, die formal durch Cyclisierung der aliphatischen Verbindungen entstehen



■ Aromatische Verbindungen

- Verbindungen, die als typisches Merkmal den Benzolring enthalten





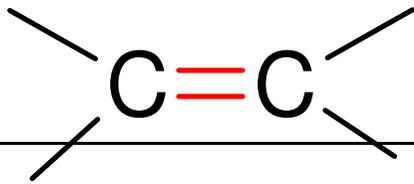
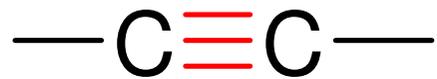
■ Heterocyclische Verbindungen

- Alicyclische oder aromatische Verbindungen, die im Ring neben Kohlenstoff auch Heteroatome (z.B. O, N, S) enthalten

■ Naturstoffe

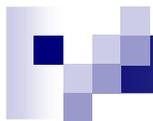
- natürlich vorkommende Stoffklassen werden oft als Naturstoffe zusammengefasst
 - Kohlenhydrate
 - Terpene und Steroide, Alkaloide
 - Aminosäuren, Peptide und Proteine, Enzyme,
 - Nucleinsäuren

Funktionelle Gruppen

| | Funktionelle Gruppe | Beispiele Formeln | Beispiele Namen |
|--------------|--|---|------------------------|
| Alkan | Keine (C-H, C-C) | CH ₄ H ₃ C-CH ₃ | Methan Ethan |
| Alken |  | H ₂ C=CH ₂ | Ethen (Ethylen) |
| Alkin |  | HC≡CH | Ethin (Acetylen) |

| | Funktionelle Gruppe | Beispiele Formeln | Beispiele Namen |
|----------------|------------------------------|---|------------------------|
| Alkohol | $\text{R}-\text{OH}$ | CH_3OH $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ | Methanol Ethanol |
| Ether | $\text{R}-\text{O}-\text{R}$ | CH_3OCH_3 | Dimethyl- ether |

(Alkohole und Ether sind formal Derivate von Wasser)

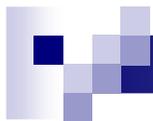


| | Funktionelle Gruppe | Beispiele Formeln | Beispiele Namen |
|---------|---|--|---------------------------|
| Aldehyd | $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{- H} \end{array}$ | $\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{- H} \end{array}$ | Ethanal (Acetaldehyd) |
| Keton | $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{- R}' \end{array}$ | $\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{- H}_3\text{C} \end{array}$ | Dimethylketon (Aceton) |



| | Funktionelle Gruppe | Beispiele Formeln | Beispiele Namen |
|--------------|---|-----------------------------|----------------------------|
| Carbon-säure | $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{\textbackslash OH} \end{array}$ | CH_3COOH | Ethansäure (Essigsäure) |
| Ester | $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{\textbackslash OR}' \end{array}$ | $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ | Ethansäure- methylester |

| | Funktionelle Gruppe | Beispiele Formeln | Beispiele Namen |
|------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Carbon-säureamid | $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{- NH}_2 \end{array}$ | $\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{- NH}_2 \end{array}$ | Ethansäureamid (Essigsäureamid) |
| Carbon-säurehalogenid | $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{- X} \end{array}$ | $\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{- Cl} \end{array}$ | Ethansäurechlorid (Acetylchlorid) |
| Nitril | $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$ | $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ | Ethannitril (Acetonitril) |



| | Funktionelle Gruppe | Beispiele Formeln | Beispiele Namen |
|------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|
| Halogenid | $R-X$ | CH_3CH_2Cl | Chlorethan (Ethylchlorid) |
| Amin | $R-\overset{\bar{N}}{\underset{R1}{ }}-R2$ | H_3C-NH_2 $(H_3C)_2NH$ | Methylamin Dimethylamin |
| Thiol | $R-SH$ | CH_3SH | Methylthiol (Methyl- mercaptan) |

Formelarten

| Summenformel | Strukturformel | Mischformel | Kurzschreibweise |
|--------------|---|--|--|
| C_3H_8 | $ \begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array} $ | $H_3C-CH_2-CH_3$ |  |
| C_4H_{10} | $ \begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array} $ | $H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$ oder $H_3C-(CH_2)_2-CH_3$ |  |
| | $ \begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & C & H \\ \\ H \end{array} $ | $ \begin{array}{c} H_3C-CH-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array} $ |  |

auch: Skelett-Formeln, Zick-Zack-Formeln

Isomerie

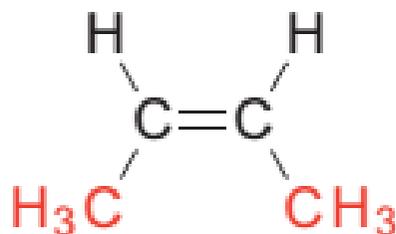
- **Konstitutionsisomerie** - die Konstitutionsisomere besitzen die gleiche Summenformel, aber eine unterschiedliche Anordnung der Atome aufweisen. Konstitutionsisomere unterscheiden sich in ihren physikalischen und häufig auch chemischen Eigenschaften.

z.B. C_4H_{10} Butan $CH_3CH_2CH_2CH_3$ und
2-Methylpropan $CH_3CH(CH_3)_2$ (Isobutan)

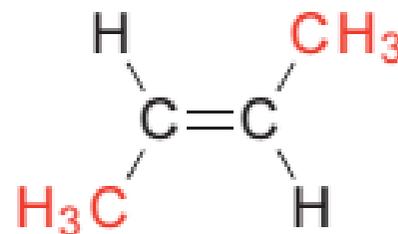
- **cis-trans-Isomerie**

(E,Z-Isomerie)

z.B.

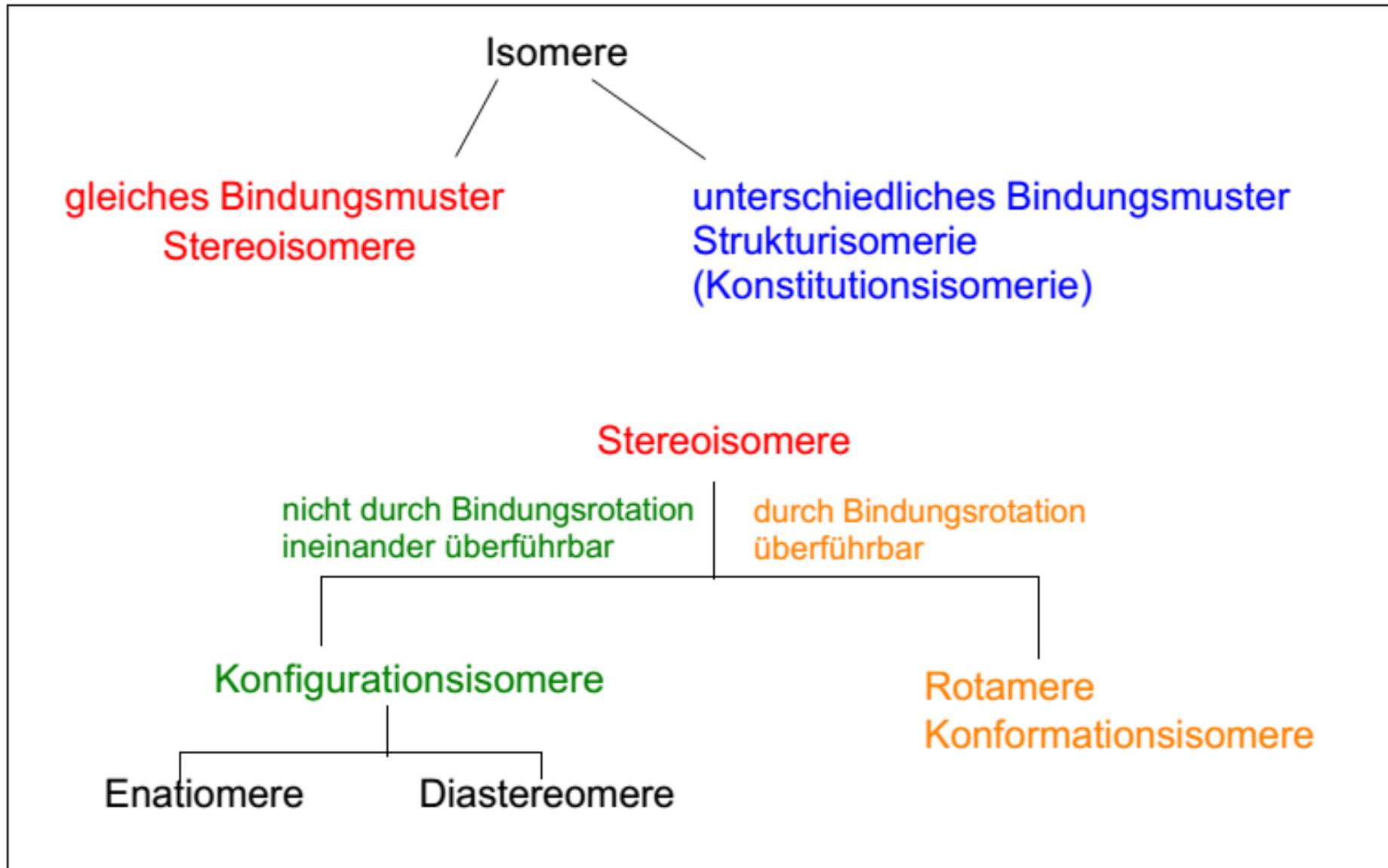


**(Z)-2-Buten
oder cis-2-Buten**



**(E)-2-Buten
oder trans-2-Buten**

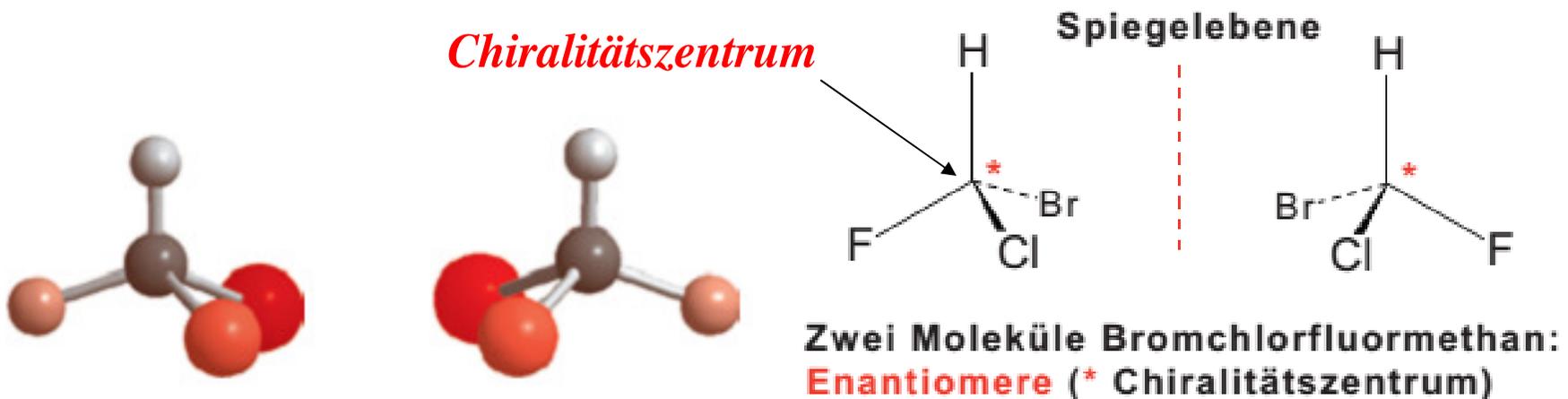
Isomerie



Isomerie

Stereoisomerie:

- Stereoisomere haben die gleiche Summenformel und die gleiche Verknüpfung der Atome, aber eine unterschiedliche räumliche Anordnung.
Beispiele:
- **cis-trans-Isomere** (s. oben)
- **Enantiomere** (griech. *enanta*, gegenüber; *meros*, Teil).



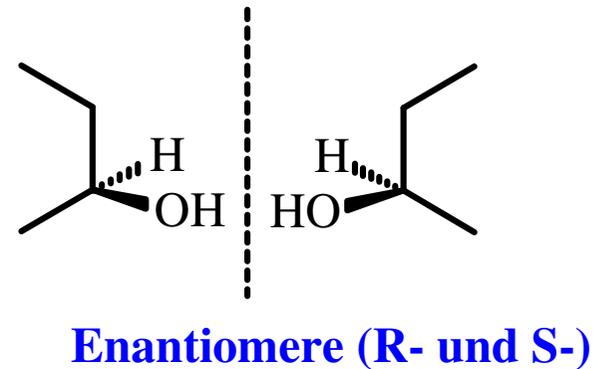
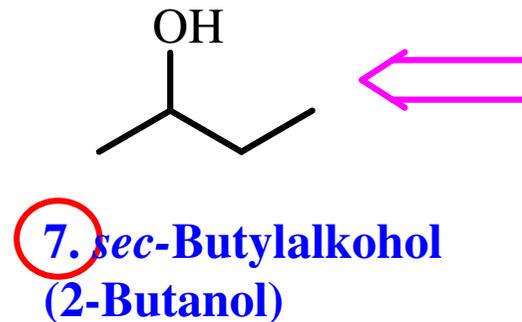
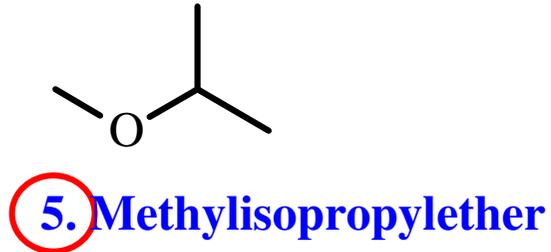
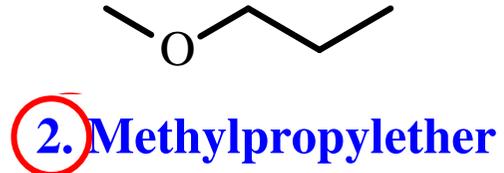
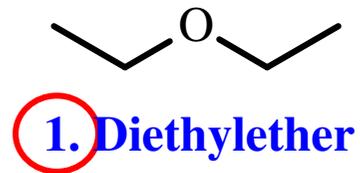
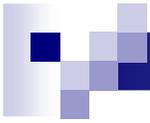


Aufgabe:

- Bitte schreiben Sie alle möglichen Isomere mit der Summenformel $C_4H_{10}O$ auf (womöglich mit Zick-Zack-Formeln).

□ *Lösung:* folgt...

**7 Konstitutionsisomere! +
2 Enantiomere (Stereoisomere)**



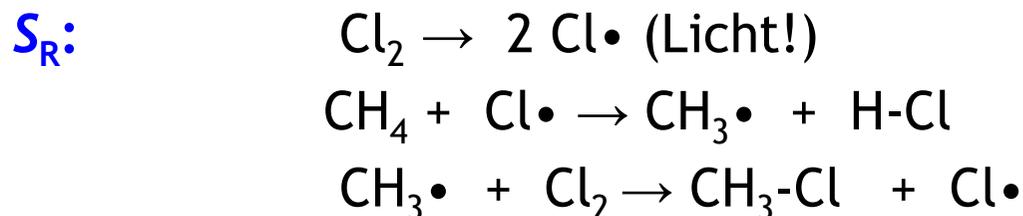


Haupttypen organischer Reaktionen

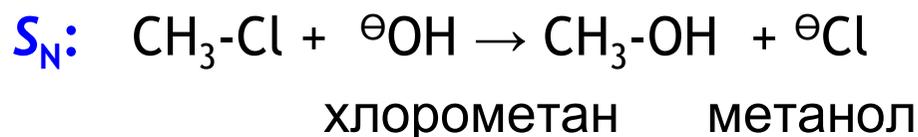
1. Radikalreaktionen (S_R - und A_R -Typ)
2. Nukleophile und elektrophile Substitution am gesättigten C-Atom (S_N -Typ)
3. Eliminierungsreaktionen (E): Herstellung ungesättigter Verbindungen
4. Additionsreaktionen (A) – Elektrophile (A_E) und nukleophile (A_N)
Additionsreaktionen an C=C Doppelbindungen
5. Elektrophile aromatische Substitution – S_E
6. Nukleophile aromatische Substitution – S_N arom.
7. Carbonylreaktionen:
 - a) Nukleophile Addition (A_N) an C=O Doppelbindungen
 - b) Reaktionen der Derivate der Carbonsäure
8. Umlagerungsreaktionen
9. Redoxreaktionen: [H] oder [O]

Beispiele:

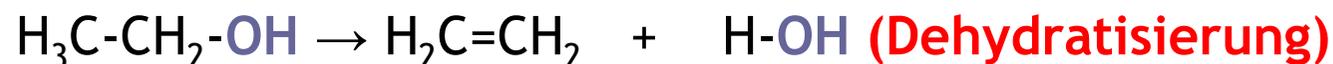
1. Radikalreaktionen (S_R - und A_R -Typ)



2. Nukleophile Substitution am gesättigten C-Atom (S_N) und elektrophile Substitution am Aromaten (S_E -Typ):

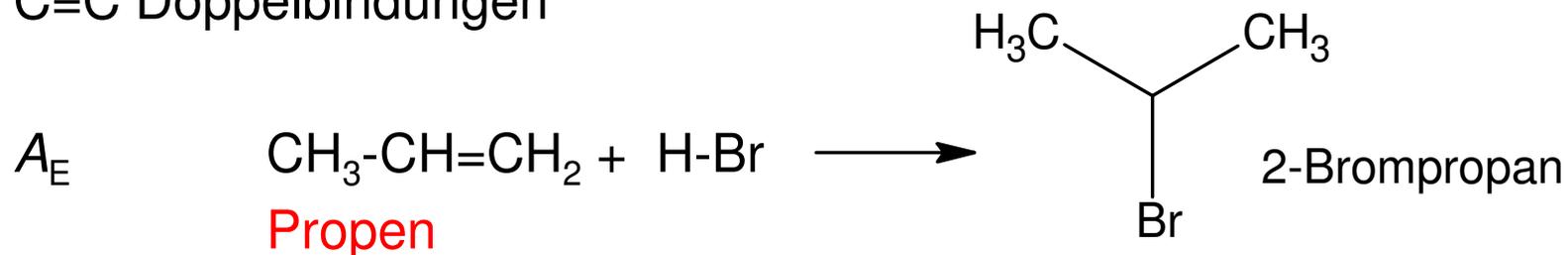


3. Eliminierungsreaktionen (E): Herstellung ungesättigter Verbindungen:



Beispiele:

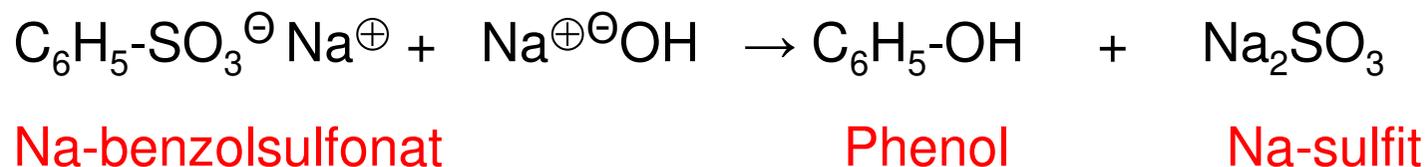
4. Additionsreaktionen (A) – elektrophile (A_E) Additionsreaktionen an C=C Doppelbindungen



5. Elektrophile aromatische Substitution – S_E

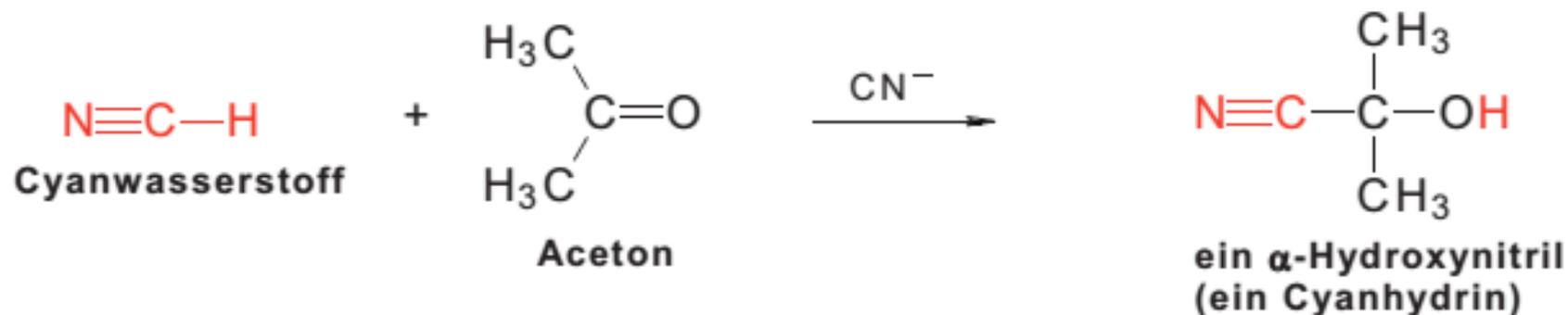


6. Nukleophile aromatische Substitution – $S_{N\text{arom}}$. (300 °C)

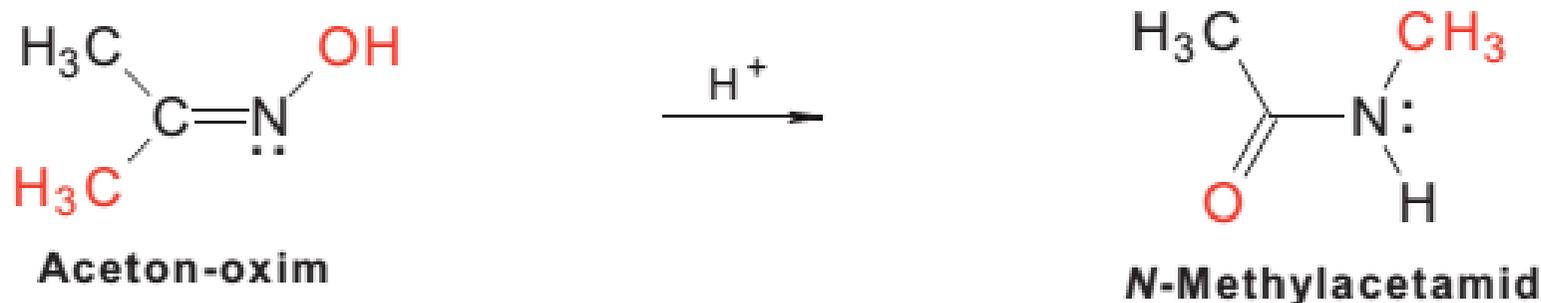


Beispiele:

7. Carbonylreaktionen:
z.B. Nukleophile Addition (A_N) an C=O Doppelbindungen

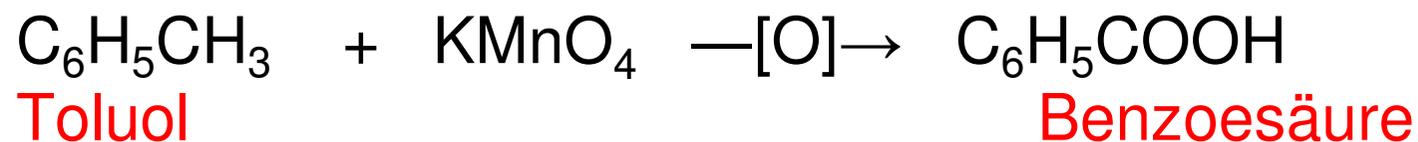
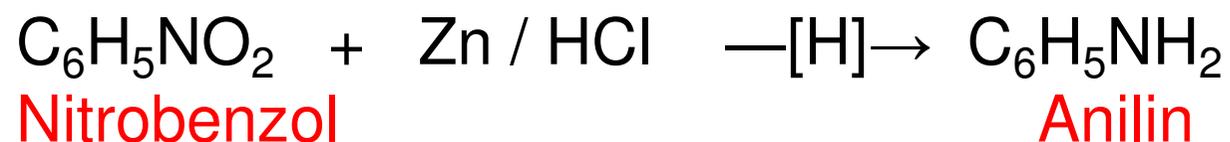


8. Umlagerungsreaktionen:
z.B. Die Beckmann-Umlagerung

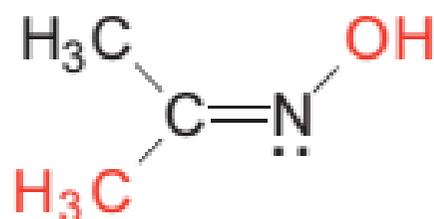


Beispiele:

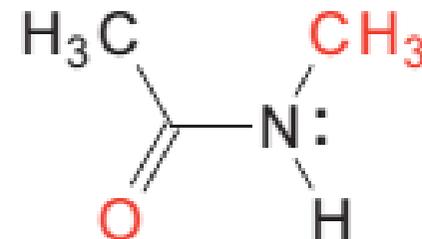
9. Redoxreaktionen – [H] oder [O]:



8. Umlagerungen (Wh)



Aceton-oxim



N-Methylacetamid

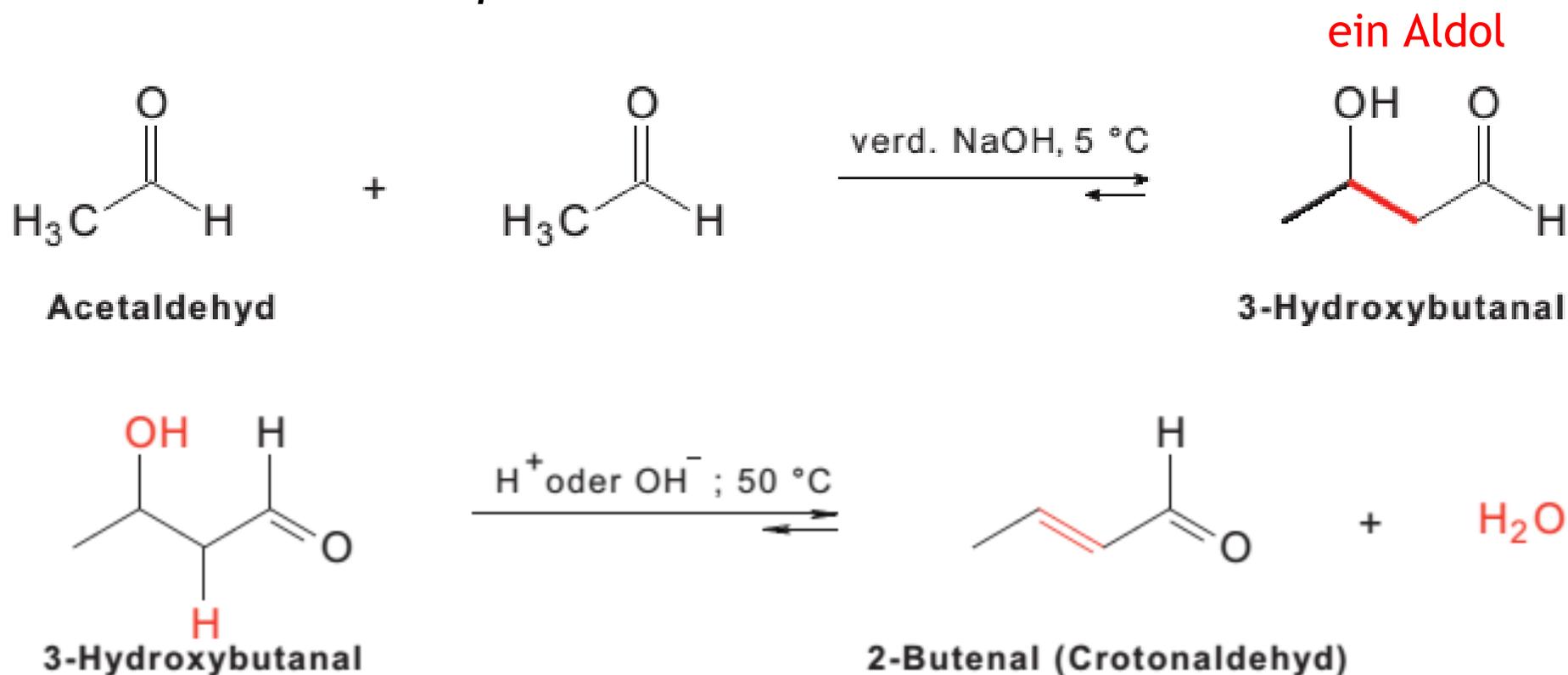
Oxim ⇌⇌ Amid

Die **Beckmann**-Umlagerung

Als **Umlagerung** bezeichnet man eine chemische Reaktion in der organischen Chemie, bei der einzelne Atome oder Gruppen von einem Atom zum anderen wandern, was zu einer strukturellen Neuorganisation des ursprünglichen Moleküls führt, sodass eine **neue chemische Verbindung** entsteht.

10. Kondensationen

Kondensation bedeutet Vereinigung zweier Moleküle unter Austritt eines kleinen Moleküls, z. B. Wasser oder Alkohol. *Beispiel: Aldolkondensation*





Elektronische Effekte in der organischen Chemie.

folgt...

(OC 02)