

Elektrochem. Spannungsreihe

(z.B. $\text{Zn} / \text{Zn}^{2+}$) ... Standardpotentiäle E°

Beginnend mit dem unedelsten & niedrigsten erhält man die Spannungsreihe.

<u>Redoxpaar</u>	Redkraft ↑ (+)	red. Form	ox. Form	E° (V)
$\text{Li} \text{Li}^+$		Li	Li^+	-3,04
$\text{Mg} \text{Mg}^{2+}$		Mg	Mg^{2+}	-2,36
$\text{Zn} \text{Zn}^{2+}$		Zn	Zn^{2+}	-0,76
$\text{H}_2 2\text{H}^+$		H_2	2H^+	0
$\text{Cn} \text{Cn}^{2+}$		Cn	Cn^{2+}	+0,35
$\text{Ag} \text{Ag}^+$		Ag	Ag^+	+0,80
↓ Oxkraft (+) nimmt zu				

Was lässt sich aus d. Tabelle ablesen?

- Ob Metall edel/unedel ist (Auflösung in Salzsäure)
 - Edel: E° positiv
 - Unedel: E° negativ
- Aus Differenz der E° kann Spg. jedes galvanischen Elements berechnet werden

z.B. Ag - Cu - Element:

$$0,8 - 0,35 = 0,45 \text{ V}$$

Cu - Fe - Element:

$$0,35 - (-0,4) = 0,75 \text{ V}$$

- Mindestspannung für Elektrolyse
(= Zersetzungsspannung)
- Ob ein Metall (oder Element) reduzierend od. oxidierend wirkt



Redoxpaar: $2\text{F}^- \mid \text{F}_2 \rightarrow \text{F}$ vor wirkt
Red Ox
ox. und greift
alle Metalle
an

Technisch nutzbare galv. Elemente

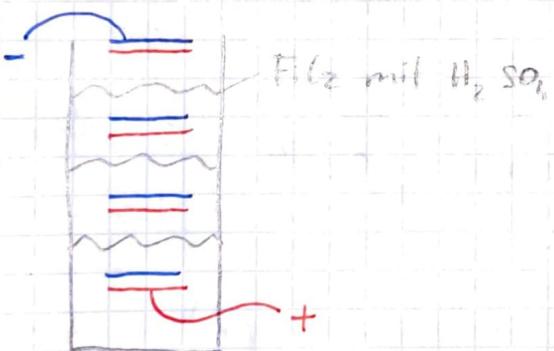
Galvanische Elemente liefern keine hohen Spannungen → Serienschaltung!
! → "Batterie"

Primärem Element: galvanisches Element mit irreversiblen chem. Vorgang (nicht aufflöbar) → Batterie

Sekundärem Element: galvanisches Element, das sich wieder aufladen lässt. → Akku

Primär:

- Voltaelement 1800



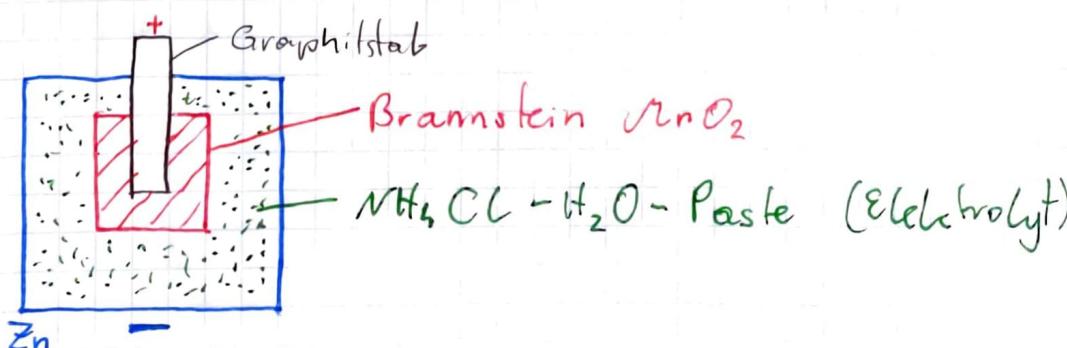
Zn/Cu - Element
mit H_2SO_4 als
Elektrolyt

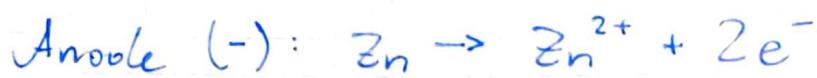
- Daniellelement 1836

Zn/Cu in Salzlösung

- Leclanché - Element 1896

Zink-Kohle-Batterie





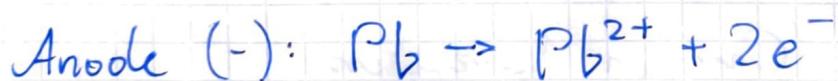
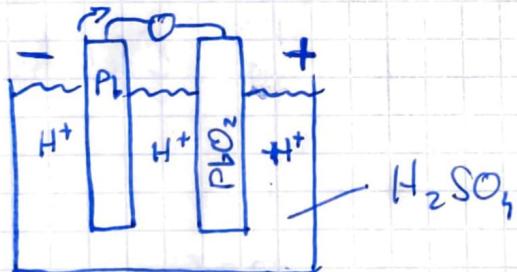
- Probleme:
- Zink löst sich auf u. Elektrolyt-Paste rinnt aus.
 - Spannung sinkt bei Stromentnahme rasch ab.

besser: Alkali-Uranan-Batterie 1860

- Stahlbecher statt Zinkbecher
- Zinkpulver als Gel im Inneren
- KOH als Elektrolyt

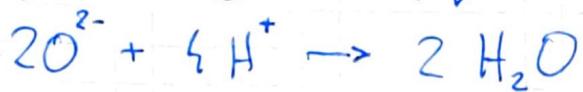
Sekundär:

- Bleiakkumulatoren 1859



Kathode (+):

Katode (+)



Wie ändert sich die Dichte der Akkusäure

Geladen: $1.28 \text{ g/cm}^3 \approx 37\% \text{ H}_2\text{SO}_4$

Entladen: $1.12 \text{ g/cm}^3 \approx 17\% \text{ H}_2\text{SO}_4$

→ Bestimmung des Ladestandes mit einem Aräometer

Lithium-Ionen-Akku

$$U = 3,6 \text{ V}$$

Entladung

Anode (-): $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + e^-$ Lithiumgraphit

Kathode (+): $\text{MnO}_2 + \text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{LiMnO}_2$

Müssen völlig wasserfrei sein. → organisches Lösungsmittel mit Lithiumsalzen z.B. LiPF_6

- hohe Energiedichte (100 Wh/kg)

Früher: bei Überhitzung Kurzschluss zwischen Elektroden.

Heute: Temperaturstabile keramische Separatoren

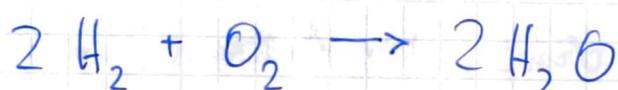
Lithium-Polymer-Akkus (LiPo) $U=3,7\text{ V}$

Weiterentwicklung des Lithium-Ionen Akkus.
polymere Gelelektrolyten

- + { Auslaufsicher
hohe Energiedichte (180 Wh/kg)
- { keine hohen Ströme (wegen geringer Leitfähigkeit des Gelelektrolyts)
Empfindlich gegenüber Überladung
Temperaturextrema

Brennstoffzelle

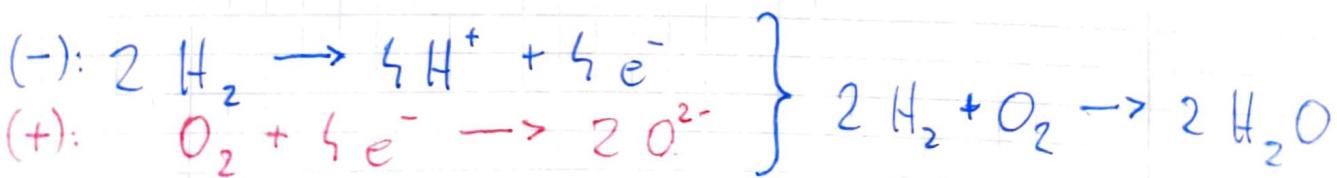
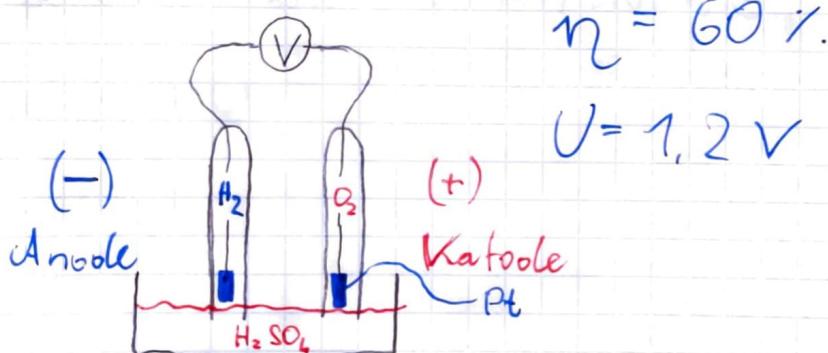
Kinallgasreaktion bzw. Verbrennung v. H_2



therm. E $\xrightarrow{\text{Turbine}}$ mech. E $\xrightarrow{\text{Dynamo}}$ elekt. E

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = 30\%$$

Besser: Brennstoffzelle v. Sir William R. Grove
1839

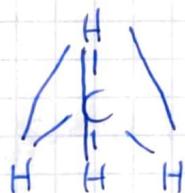


Brennstoffzellen sind galvanische Elemente, bei denen ein Brennstoff (H_2 / Methanol) und ein Oxidationsmittel (O_2 / Luft) laufend zugefügt werden.

Organische Chemie

Die org. Chemie ist die Chemie der Kohlenwasserstoffe und ihrer Derivate.

z.B.: einfachstes org. Element
 $CH_4 \rightarrow$ Methan



Organ. Verb. = Verb. des Elements C

Ausnahmen: C , CO , CO_2 , H_2CO_3 ,
 CO_3^{2-}
(Carbonate)

Unterteilung in AC und OC ist hist. begründet. Die Reinigung war Anorg. Verb. aus Mineralien isolierbar. Organ. Verb. aus lebenden Organismen isolierbar.

* 1807 Jöns Jacob Berzelius: "OC"

* 1828 Wöhler: Harnstoffsynthese aus anorganischem Salz.

↳ Meinung widerlegt
Unterteilung ist geblieben

Warum gibt es so viele organ. Verb.?
GO Rio!

Vergleich: Kohlenstoff vs. Silicium

C

Si

Erdkruste 0,2 %

27 %

Körper 23 %

0,03 %

Atomradius 0,76 nm

1,11 nm

↳ C-C Bindung kürzer & stabiler

2) Elektroneg. 2,5 C

1,8 Si

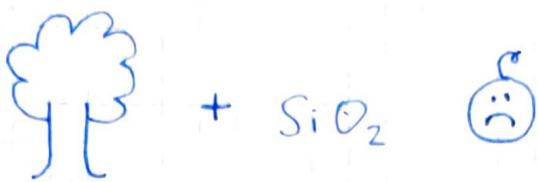
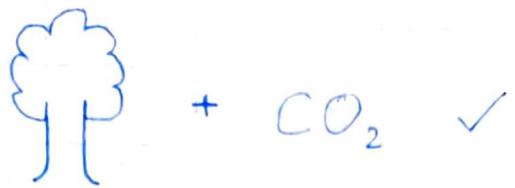
3,5 O

Si bindet aufgrund höherem ΔEN eher an Sauerstoff.

Si-O-Verbindungen sind polare und bilösen Gittersubstanzen.

z.B. Bergkristall SiO_2

C bildet meist weniger stabile Molekülsubstanzen. \rightarrow Umwandlung in neuen Stoff e.g.



3) C-Atome binden sich gerne aneinander (Atombindung)

→ Ketten-, Ringe-, Doppel- & Dreifachbindung



Verbindungen mit Mehrfachbindung

($\text{C}=\text{C}$, $\text{C}\equiv\text{C}$) nennt man ungesättigt.

Verbindungen nur mit C-C-Bindung

nennt man gesättigt.

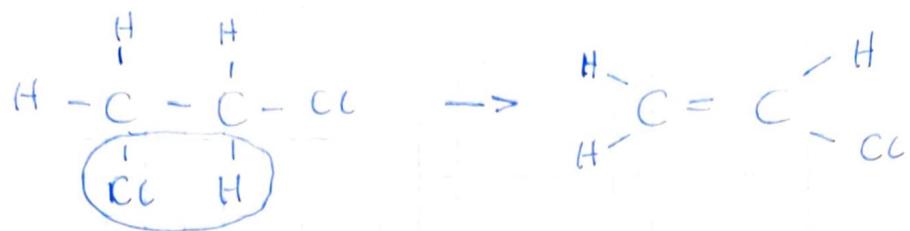
Typisch für organ. Chemie

- 1) wenige Elemente (C, H, N, O, S, X (Halogene))
- 2) geringe therm. Stabilität d. Verbindl.
→ meist brennbar
- 3) überwiegend Gleichgewichtsreaktionen
 $A + B \rightleftharpoons C + D$
Maßnahmen zur Verschiebung sind notwendig
- 4) meist geringe Reaktionsgeschw.
→ erhitzen & Katalyse

Typische Reaktionsmechanismen

- 1) Substitution (Austausch von Atomen / Atomgruppen)
$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \text{Cl} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$
- 2) Addition (Hinzufügen v. Atomen / -gruppen)
$$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{Cl} \\ | \quad | \\ \text{Cl} \quad \text{H} \end{array}$$

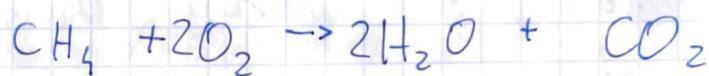
3) Elimination (Abspalten v. Atomen /-gruppen)



4) Umlagerungen (Verschiebung innerhalb v. Molekülen)

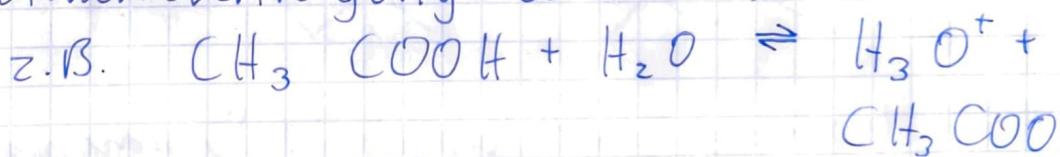
5) Redoxreaktionen (Ähnlich wie bei anorg. Chemie)

z.B. Verbrennung von CH_4



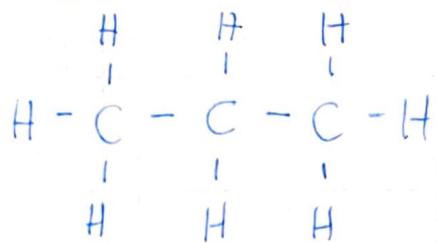
6) Protolyse (wie bei anorg. Chemie)

(Protonenübertragungsreaktion)



Schreibweise bei organ. Verb.

Strukturformel



Halbstrukturform. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

Gerüstformel



Meist also Gerüstformel, weil eine Summenformel zu wenig aussagekräftig ist.

z.B. C_5H_{12}



Isomere! Gleiche Summenformel aber unterschiedliche Strukturen und damit unterschiedliche Eigenschaften.

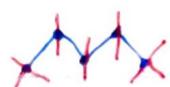
Einteilung organ. Verb. nach Gerüst

a) Aliphatische Verbindungen
(Kettenförmig)

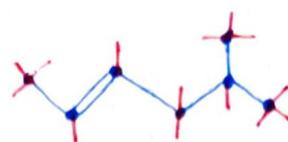
b) Cycliche Verbindungen
(ring förmig)

c) Aromatische Verbindungen
(aromatr. Ringsystem)

zu a)

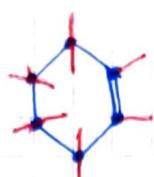


Summenformel: $C_5 H_{12}$

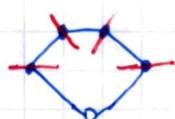


$C_6 H_{14}$

zu b)



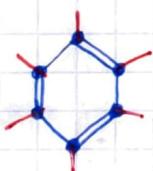
$C_6 H_{10}$



$C_4 H_8 O$

Tetrahydrofuran THF

zu c)

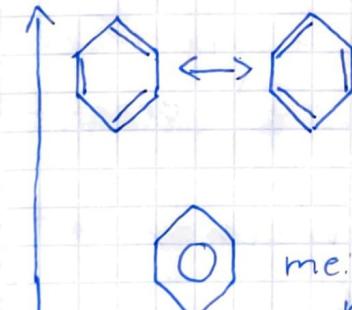


Benzol, Benzen

$C_6 H_6$

Aromatische Verbindungen

E

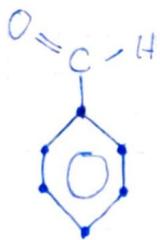


metameriestabilisiertes
Ringssystem

Benzol, Benzen $C_6 H_6$ $t_b = 80^\circ C$

Leicht entzündbar

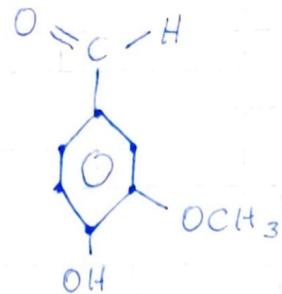
Krebs erregend



Benzaldehyd



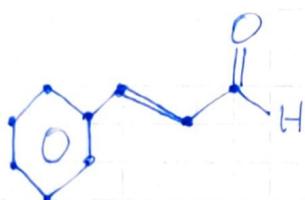
106 g/mol



Vanillin



152 g/mol



Zimtaldehyd



132 g/mol

Weitere Unterteilungen

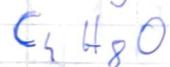
- Heteroarylische Verbindungen

Ein oder mehrere C-Atome durch Heteroatome (= N, O, S) ersetzt.

z.B.



Tetrahydrofuran



- Biomoleküle

Nukleinsäure, Aminosäuren,

Proteine, Peptide, Eiweiße,

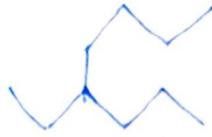
Fette, Kohlenhydrate, Enzyme,

Hormone, Vitamine



$C_9 H_{20}$

4-Ethyloctane



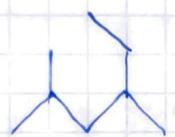
$C_{10} H_{22}$

4-Ethylhexane



2,2,4-Tri methylpentane

$C_8 H_{18}$



2,3-Dimethyl hexane

$C_8 H_{18}$



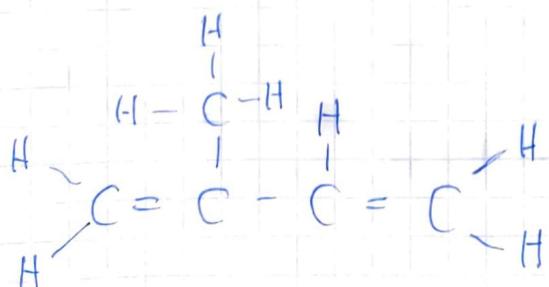
4-Methyl-1-pentene

$C_6 H_{10}$

$C_5 H_8$



2-Methyl-1,3-butadiene



- Spezielle Stoffe
Kunststoffe, Tensiole (Waschmittel)

Nomenklatur organ. Verbindungen

- Trivialnamen

Alt hergebracht, kurz, praktisch aber ohne Struktur, Rückschluss
z.B. Zimtaldehyd, Essigsäure

- Nomenklatur

Einheitliche, systematische
Namensgebung → Struktur kann
abgeleitet werden. Bei 90 Mio.
organ. Verb. notwendig.

IUPAC = International Union of Pure
and Applied Chemistry

Grundregeln d. systematischen Namensgebung

0) Besteht eine Verb. nur aus C & H
⇒ Kohlenwasserstoff

1) Die längste durchgehende C-Kette ergibt den Stammsnamen

Zahl der C	Stamm- name	4	But-	8	Oct -
1	Meth-	5	Pent-	9	Non -
2	Eth-	6	Hex-	10	Dec -
3	Prop-	7	Hept-		

gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane)

Methan, Ethan, Propan, Butan, ..., Decan

ungesättigte KW (Alkene/Alkine)

C=C Ethen, Propen, Buten, ..., Decen

C≡C Ethin, Propin, Butin, ..., Decin

2) Endungen (Suffixe) geben Art der C-C-Bindungen (ges./unges.) an

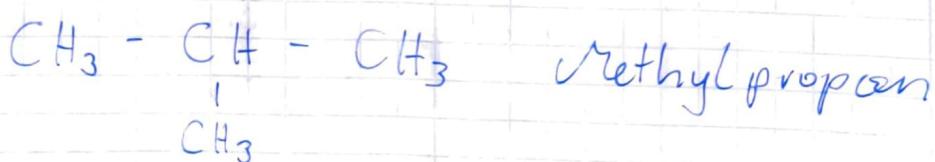
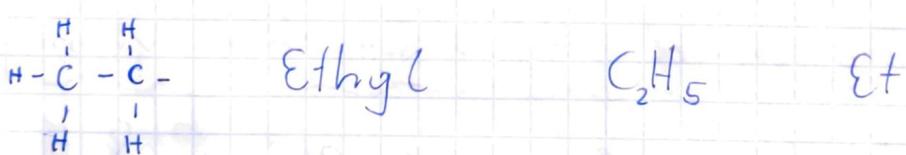
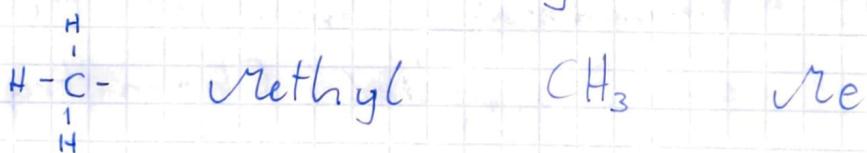
Nur Einfachbindung - an

Auch Doppelbindung - en

Auch Drei fach bindung - in

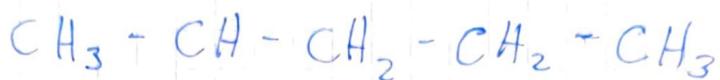
3) Verzweigungen

a) Hat eine Kette Verzweigungen, so bekommen die Seitenketten die Endsilbe -yl



b) Lage der Seitenkette

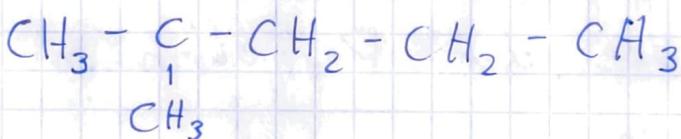
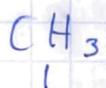
Hauptkette von der Seite durch - nummerieren, so dass Seitenkette am Anfang steht.



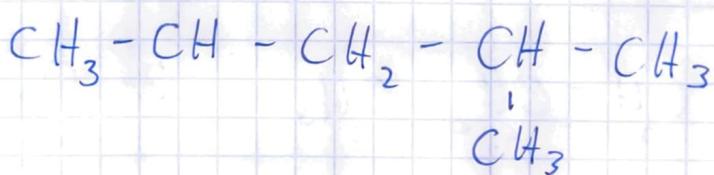
2-Methylpentan

c) Mehrere gleiche Seitenketten werden durch die Vorsilben

di-, tri-, tetra-, usw. zusammengefasst.

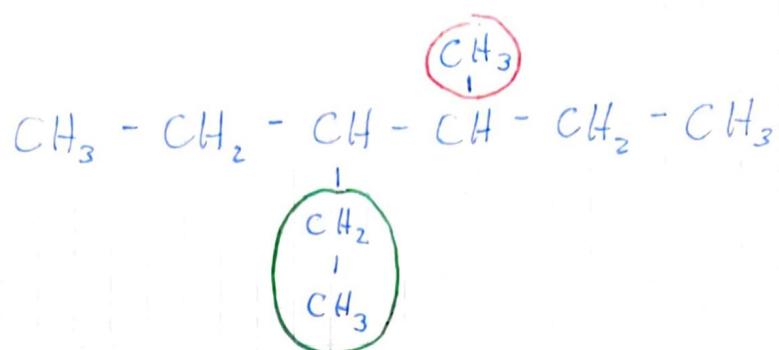
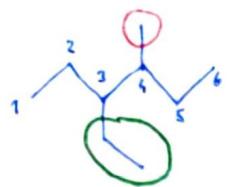


2,2-Dimethylpentan



2,4-Dimethylpentan

a) mehrere verschiedene Seitenketten
Nummerierung der Seitenketten verläuft
so, dass der kürzeren Seitenkette

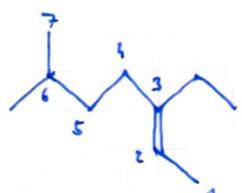
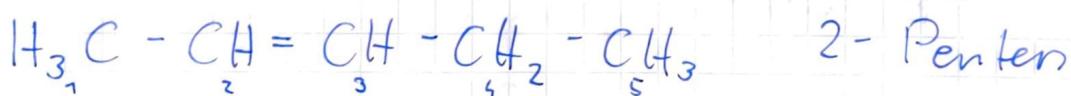
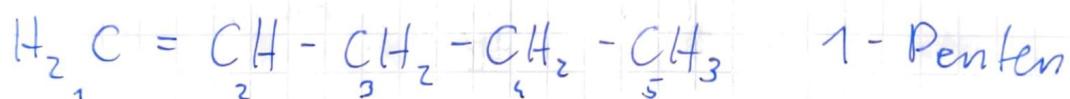


3-Ethyl-4-methyl-hexan

b) ungesättigte

Hauptkette ist die längste durchgehende C-Kette die eine Doppelbindung enthält.

Zählen beginnen von der Seite
beginnen, die der Doppelbindung am
nächsten liegt.



3-Ethyl-6-methyl-2-Hepten

Die Suffixe für 2, 3 bzw. 4 Doppelbindungen
lauten -olien, -trien, -tetraen

1,3 - Butadien

Bei Alkenen mit Doppel- und Dreifachbindungen, zählen diese zu den Alkenen. Position der Dreifachbindung wird zusätzlich angegeben.



8 Methyl - 6-in - 2-nonen

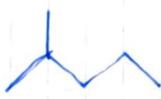
Isomere

Verbindungen mit gleicher Summenformel aber ungleicher Struktur und damit unterschiedlichen Eigenschaften nennt man Isomere.

z.B. C_6H_{14}



Hexan



2-Methyl-
Pentan



3-Methyl-
Pentan



2,3-Dimethyl-
butan



2,2-Dimethylbutan

z.B.



Butan

C_4H_{10}

$t_b = 0^\circ C$

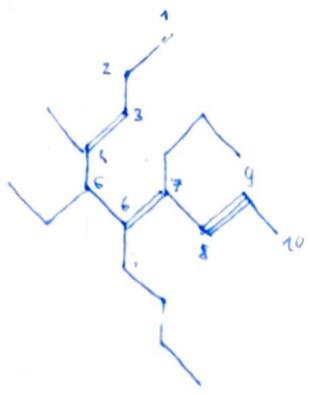
$t_m = -138^\circ C$



2-Methylpropen

$t_b = -12^\circ C$

$t_m = -160^\circ C$

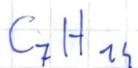
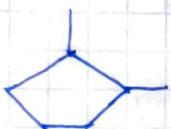


6-Butyl - 5-ethyl - 4-methyl - 8-in - 3,6-decaol,.

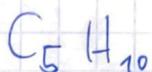
- Propin



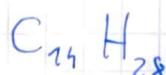
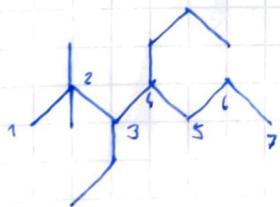
- 1,2-Dimethylcyclopentan



- 2-Methyl - 1-Buten



- 3-Ethyl - 2,2-Dimethyl - 4-propyl - heptan



Funktionelle Gruppen

Atome oder Atomgruppen, die weitgehend d. chem. Verhalten bestimmen.

Sie enthalten z.B.: O, N, S oder Halogene, wodurch Polare und damit Reaktionsfähige Bindungen gebildet werden.

Häufigste Substanzklassen mit funk. Gr.:

- Halogenalkane



R... Rest (Alkylgruppen)

Chlorethan

- Alkohole



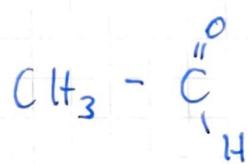
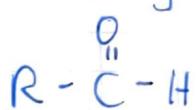
Ethanol

- Ether



Diethylether

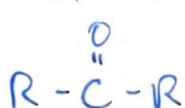
- Aldehyde



Ethanal

"Acetaldehyd"

- Ketone

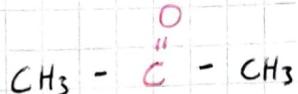
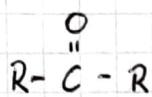


Propanon

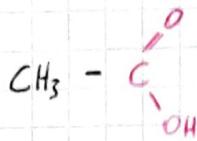
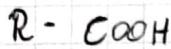
"acetoin"

Ketongruppe

5., Ketone



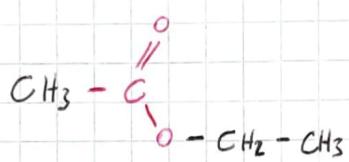
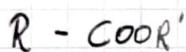
6., Carbonsäuren



(Carboxylgruppe)

Ethansäure
"Essigsäure"

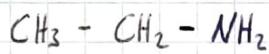
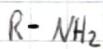
7., Carbonsäureester



(Estergruppe)

"Essigsäureethylester"

8., Amine



(Aminogruppe)

-Ethylamin



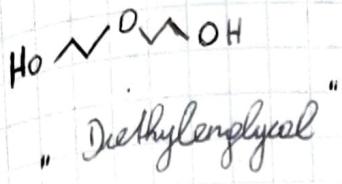
Saureffkt. schwächer als Alkoholffkt.

4-Hydroxybutansäure

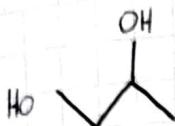


1,2-Ethanediol

"Glycol" (= Frostschutzmittel)



(Weinskandal
1985)



1,2 - Propanediol

(Nebelfluid)

Propylenglycol

Alkane

gesättigte Kohlenwasserstoffe

Alk Bezeichnung: Paraffine

Stammverbindung und einfachstes organisches Molekül: Methan (Erdgas)

Allgemeine Summenformel: $C_n H_{2n+2}$



Akylgruppen: Rest wenn man ein H entfernt $\rightarrow R$

Methyl



Ethyl



Propyl



Physikalische Eigenschaften

- unpolare Verbindungen (e^- verteilt zw. C, H)
↳ es wirken nur sehr schwache Van-der-Waals-Kräfte, die mit zunehmender Kettenlänge stärker werden.
- Tiefe Schmelz- & Sielepunkte



$$t_m = -182^\circ \text{ bis } -132^\circ$$

$$t_b = -161^\circ \text{ bis } -1^\circ$$

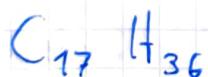
gasförmig



$$t_m = -130^\circ$$

$$t_b = +36^\circ$$

flüssig



fest

Kugelförmige Strukturisomere haben niedrigeren Sielepunkt als Stäbechenförmige.



$$t_b 36^\circ$$

Pentan



$$t_b 28^\circ$$

2-Methylbutan



$$t_b 9^\circ$$

2,2-Dimethylpropan

→ Bei langgestreckten Molekülen:
Zunahme der Kontaktstellen (Van - der - Waals - Kräfte)

- Keine elektr. Leitfähigkeit
(Keine Ionen vorhanden)

Chemische Reaktionen

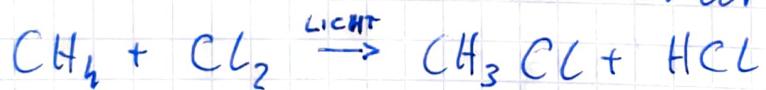
- 1) Umsetzung mit O_2 (Verbrennung)



Einsatz als Energieträger
(Erdgas, Treibstoffe)

- 2) Umsetzung mit Halogenen

Direkter Umsatz nur mit Chlor / Brom



Substitutionsreaktion:

H von CH_4 wird gegen Cl ausgetauscht

Radikalische Substitution S_R

Kettenreaktion!



Fotchlorierung führt meist zu Gemischen

gas CH_3Cl Monochlormethan

flüssig CH_2Cl_2 Dichlormethan

flüssig CHCl_3 Trichlormethan (Chloroform)

flüssig CCl_4 Tetrachlormethan

Durch Destillation trennbar.

Verwendung Halogenäthane:

z.B. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{Cl}$ Chlorethan
Ethylchlorid

als Vereisungsmittel bei Sportverletzungen.

R-X

als Reinigungsmittel und unlösliche
Lösungsmittel.

Entfettungsmittel

3) Cracken

höher-molekulare KW $\xrightarrow{500^\circ\text{C}}$ niedermol. KW



Wichtig für Gewinnung von Benzin aus
Rückständen der Erdölresten.

Petrochemie

Fossile Rohstoffe

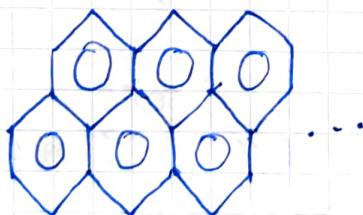
Entstehung: Zersetzung abgestorbener Pflanzen und Tiere. 80% des Primär-energieverbrauchs basiert auf fossilen Energieträgern.

Kohle ↽ Braunkohle (Stromversorgung)
Steinkohle (Koks f. Roheisenherstellung)

Bis in die 1850er Jahre bildete Steinkohle Teer, die Basis der organisch-chemische Industrie.

Gemisch hochmolekularer, vor allem ringförmige Kohlenwasserstoffe.

Kohle = mehrkernige Aromaten



kein reiner C

Kohle enthält neben C, H noch O, N, S

Erdgas: CH_4 (Hauptbestandteil)
Ethan, Propan, Butan
 H_2S , H_2O , N_2 , He

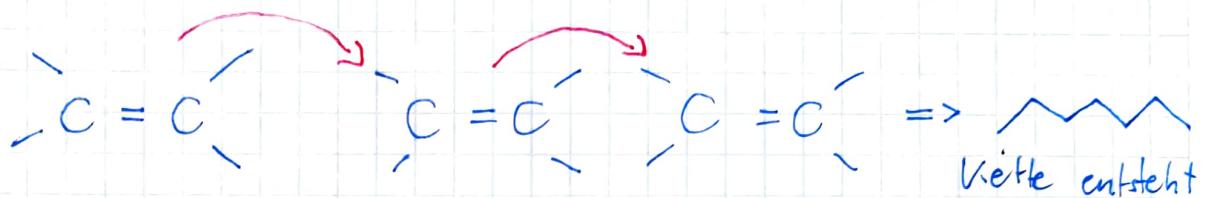
Vorkommen in Tiefen über 2000 m
Druck mehrere hundert Bar.

Hydraulic Fracturing „Fracking“
Durchbrechen

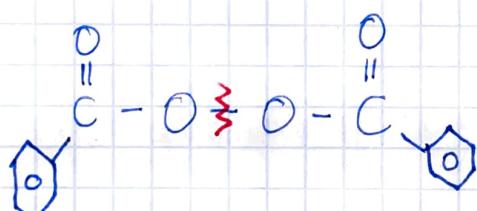
Methode zur Erzeugung, Weitung und Stabilisierung von Rissen im Gestein einer Lagerstätte mit Ziel die Permeabilität (Durchlässigkeit) der Gesteine zu erhöhen.
→ Erdgas od. Erdöl kann leichter zur Bohrung fließen. Ab 2000 in USA Gewinnung von Schiefergas → Überangebot an Erdgas

Polymerisationsreaktionen

Zusammenlagerungen von kleinen / ungesättigten Molekülen (Monomeren) zu langen Moleküllketten (Polymeren)



Mechanismus: radikalisch, d.h. mit Radikalsstartter



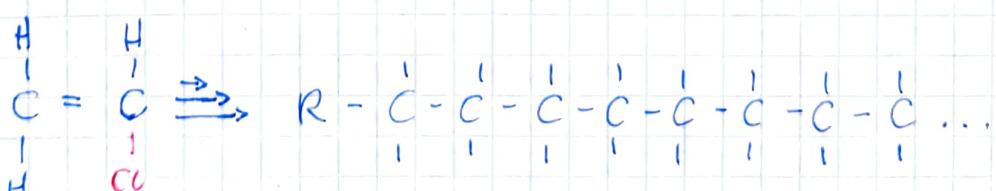
z.B.:



Ethen / Ethylen



Polyethen / Polyethylen PE

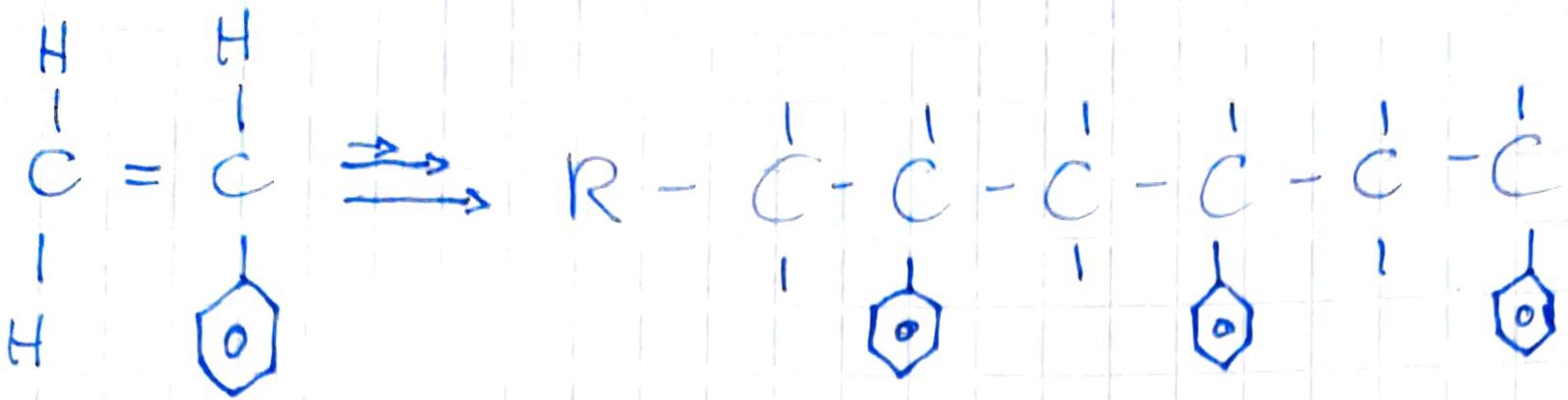


Chlorethen

Vinylchlorid

Polyvinylchlorid

PVC

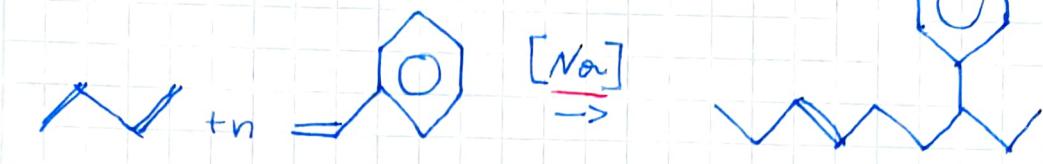


Styren, Styrol

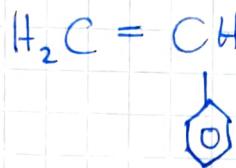
Polystyrol
styren

(PS)

Buna S



1,3-Butadien



Styrol

Polyurethane (PU, PUR)

Polyaddition: Aufbau von Polymeren unter Um-
lagerung von Atomen. (ohne Ab-
spaltung von H_2O)

Werden gebildet, wenn ein Diol ($\text{HO}-\text{R}-\text{OH}$) an ein Diisocyanat ($\text{O}=\text{C}=\text{N}-\text{R}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$) ausgelöst wird.

