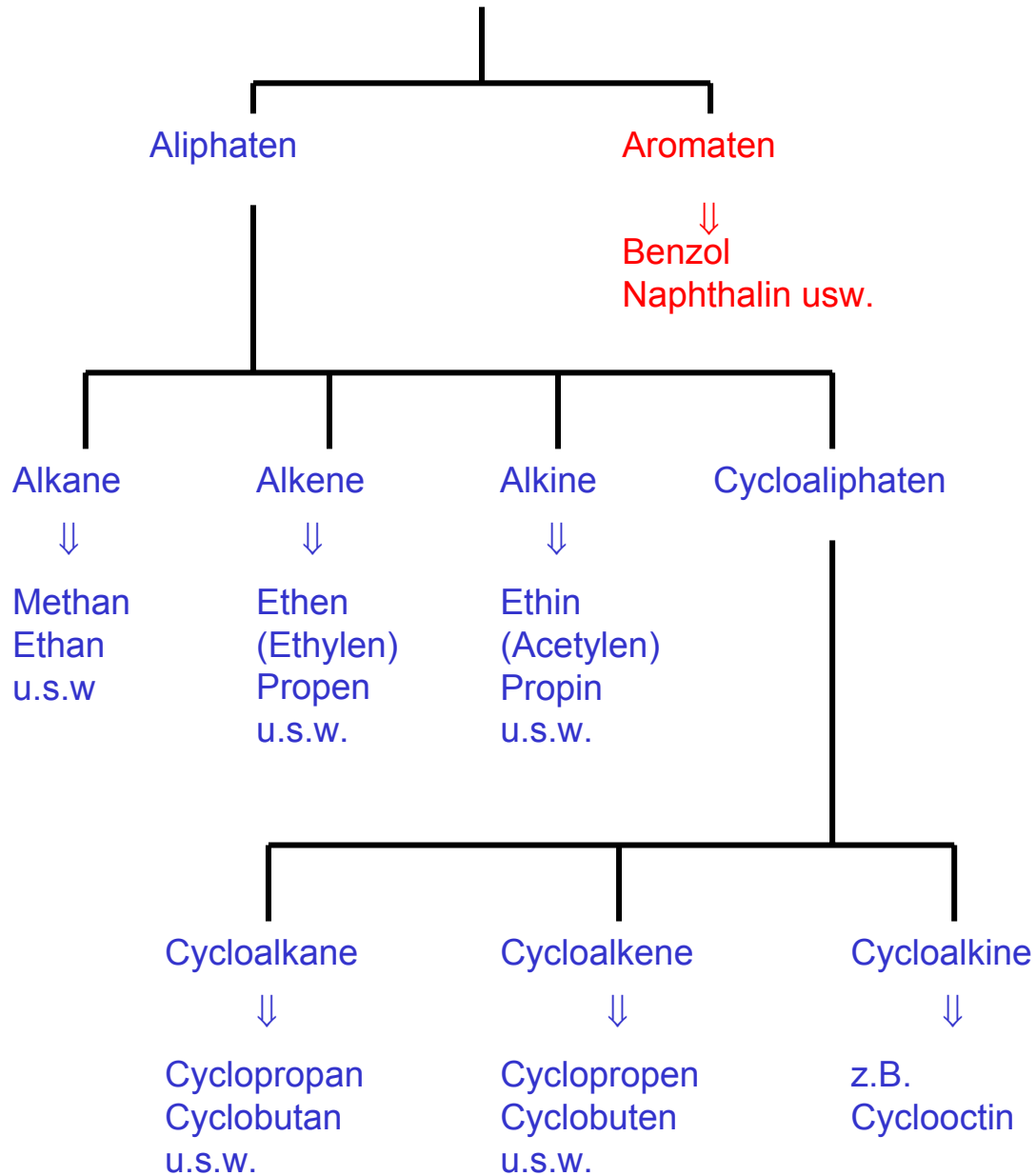


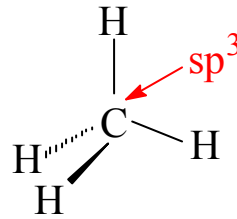
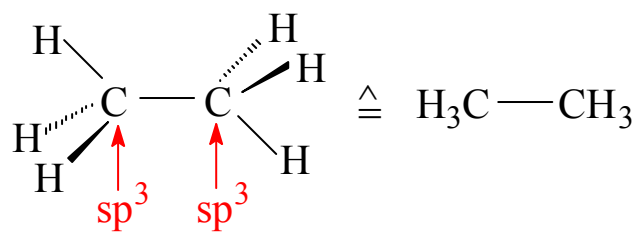
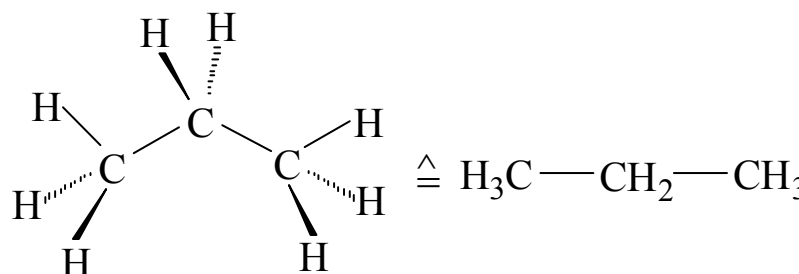
# Kohlenwasserstoffe



# Alkane (gesättigte Kohlenwasserstoffe)

nur  $C_{sp^3} - C_{sp^3}$  - und  $C_{sp^3} - H$  - Bindungen

Summenformel:  $C_n H_{2n+2}$  ( $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ )

n	Nomenklatur	Summenformel	Struktur
1	Methan	$CH_4$	
2	Ethan	$C_2H_6$	
3	Propan	$C_3H_8$	

# Struktur- bzw. Konstitutionsisomere von Alkanen

n	Nomenklatur	Summenformel	Struktur
4	Butan	$C_4H_{10}$	$H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$ n-Butan (Sdp. $0^\circ C$ )
	2 Konstitutionsisomere		$  \begin{array}{c}  CH_3 \\    \\  H_3C-CH-CH_3  \end{array}  $ Isobutan (Sdp. $-12^\circ C$ )
5	Pentan	$C_5H_{12}$	$H_3C-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ n-Pentan (Sdp. $+36^\circ C$ )
	3 Konstitutionsisomere		$  \begin{array}{c}  CH_3 \\    \\  H_3C-CH-CH_2-CH_3  \end{array}  $ Isopentan (Sdp. $+28^\circ C$ )
6	Hexan	$C_6H_{14}$	5 Konstitutionsisomere
7	Heptan	$C_7H_{16}$	9 Konstitutionsisomere
8	Octan	$C_8H_{18}$	18 Konstitutionsisomere
9	Nonan	$C_9H_{20}$	35 Konstitutionsisomere
10	Decan	$C_{10}H_{22}$	75 Konstitutionsisomere
17	Heptadecan	$C_{17}H_{36}$	24894 Konstitutionsisomere
20	Eicosan	$C_{20}H_{42}$	366319 Konstitutionsisomere

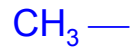
# Bestandteile des Erdöls (Erdgases)

Fraktion	Siedebereich	Zahl der Kohlenstoffatome	Nutzung
Erdgas	unterhalb 20°C	$C_1 - C_4$	Gasheizung
Petrolether	20-60°C	$C_5 - C_6$	Lösungsmittel
Ligroin	60-100°C	$C_6 - C_7$	Lösungsmittel
Rohbenzin	40-205°C	$C_5 - C_{10}$ , und Cycloalkane	Ottomotor (Benzin)
Leuchtöl, Kerosin	175-325°C	$C_{12} - C_{18}$ , und Aromaten	Flugzeugmotoren
Gasöl, Dieselöl, Heizöl	über 275°C	$C_{12}$ und höher	Dieselmotoren und Ölheizung
Schmieröl	nicht flüchtige Öle	Ringe mit langen Seitenketten	Schmierstoffe
Asphalt, Petroleumkohle	Feststoffe	Polycyclen	Straßenbau

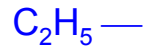
# Nomenklatur

Alkan	(C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub> )	Alkyl	(C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub> —)
Methan	(CH <sub>4</sub> )	Methyl	(CH <sub>3</sub> —)
Ethan	(C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Ethyl	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> —)
Propan	(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	Propyl	(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> —)
Butan	(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	Butyl	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> —)
Pentan	(C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	Pentyl	(C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> —)
Hexan	(C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	Hexyl	(C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> —)
Heptan	(C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> )	Heptyl	(C <sub>7</sub> H <sub>15</sub> —)
Octan	(C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> )	Octyl	(C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> —)
Nonan	(C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> )	Nonyl	(C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> —)
Decan	(C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> )	Decyl	(C <sub>10</sub> H <sub>21</sub> —)
Undecan	(C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> )	Undecyl	(C <sub>11</sub> H <sub>23</sub> —)
Dodecan	(C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> )	Dodecyl	(C <sub>12</sub> H <sub>25</sub> —)
Tridecan	(C <sub>13</sub> H <sub>28</sub> )	Tridecyl	(C <sub>13</sub> H <sub>27</sub> —)
Tetradecan	(C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> )	Tetradecyl	(C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> —)
Pentadecan	(C <sub>15</sub> H <sub>32</sub> )	Pentadecyl	(C <sub>15</sub> H <sub>31</sub> —)
:	:		
:	:		
Eicosan	(C <sub>20</sub> H <sub>42</sub> )	Eicosyl	(C <sub>20</sub> H <sub>41</sub> —)

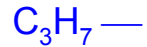
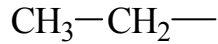
# Alkyl-Reste ( $C_n H_{2n+1}$ ) (IUPAC-Name)



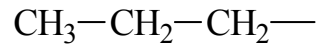
Methyl



Ethyl -

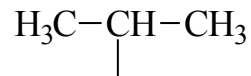


Propyl -



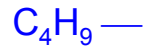
n-Propyl -

(1-Propyl-)

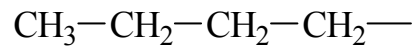


Isopropyl -

(2-Propyl-)

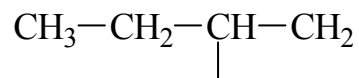


Butyl-

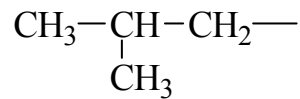


n-Butyl -

(1-Butyl-)

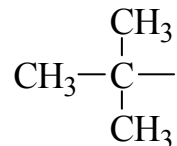
sec.-Butyl –  
(sec. = sekundär)

(2-Butyl-)



Isobutyl -

(2-Methylpropyl-)

tert.-Butyl –  
(tert. = tertiär)

(1,1-Dimethylethyl-)



# Konnektivität

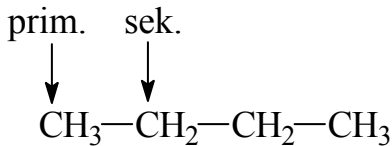
primäres C – Atom  $\Rightarrow$  verbunden mit einem Rest:  $\text{CH}_3\text{—R}$

sekundäres C – Atom  $\Rightarrow$  verbunden mit zwei Resten:  $\text{R}^1\text{—CH}_2\text{—R}^2$

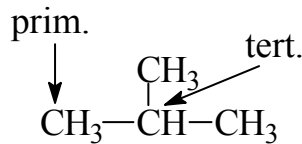
tertiäres C – Atom  $\Rightarrow$  verbunden mit drei Resten:  $\text{R}^1\text{—}\underset{\text{R}^2}{\text{CH}}\text{—R}^3$

quartäres C – Atom  $\Rightarrow$  verbunden mit vier Resten:  $\text{R}^1\text{—}\underset{\text{R}_3^2}{\overset{\text{R}^2}{\text{C}}}\text{—R}^4$

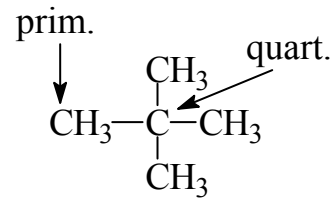
## Beispiele:



*n*-Butan



*i*-Butan  
Methylpropan



Neopentan  
Dimethylpropan

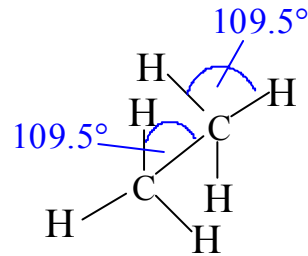
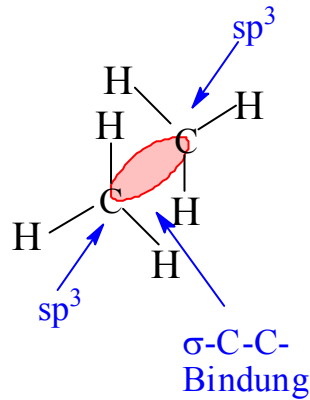
## Physikalische Eigenschaften der Alkane

Dichte, 25°C:             $d = 0.6 - 0.8 \text{ g/cm}^3$  (Alkane)             $d = 1.0 \text{ g/cm}^3$  (H<sub>2</sub>O)

- Löslichkeit:
- gut löslich in unpolaren oder schwach polaren, organischen Lösungsmitteln wie beispielsweise Benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Tetrachlormethan (CCl<sub>4</sub>), Chloroform (Trichlormethan, CHCl<sub>3</sub>) oder Diethylether (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)
  - unlöslich in H<sub>2</sub>O



# Struktur des Ethans



$\sigma\text{-C-C}$ : 1.53 Å

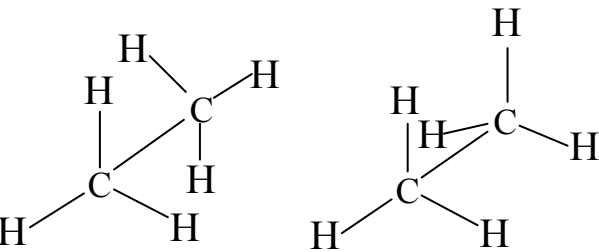
$\sigma\text{-C-H}$ : 1.10 Å

$D_{\text{C-C}}$ : 376 kJ/mol (89.8 kcal/mol)

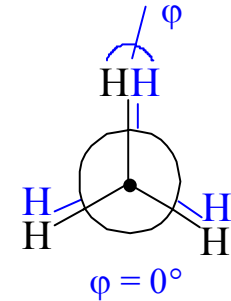
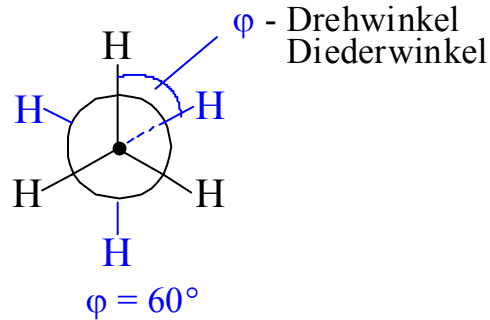
$D_{\text{C-H}}$ : 421 kJ/mol (100.6 kcal/mol)

## Projektionen verschiedener Konformationen

### “Sägebock-Projektion“



### “Newman-Projektion“



gestaffelte Konformation  
(staggered conformation)  
alle Wasserstoffe stehen  
auf Lücke  $\Rightarrow$  stabil

verdeckte oder ekliptische Konformation  
(eclipsed conformation)  
Die vorderen Wasserstoffe verdecken  
die hinteren,  $\Rightarrow$  weniger stabil

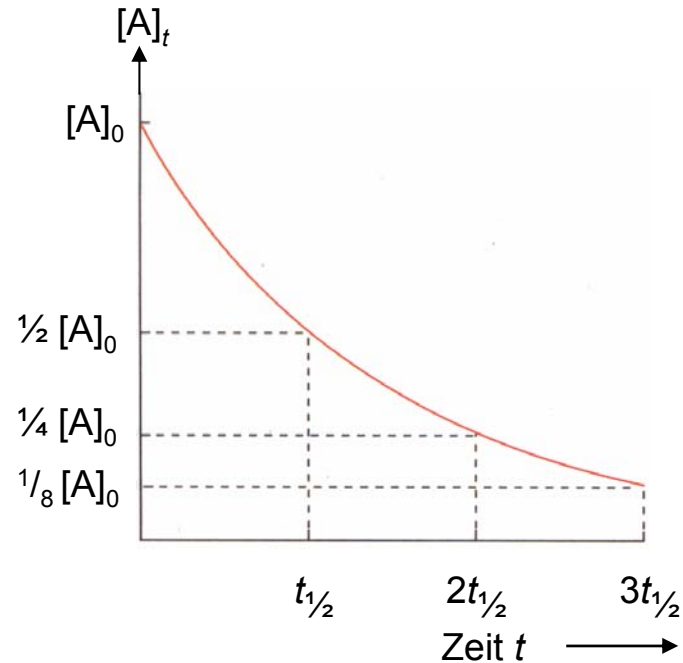
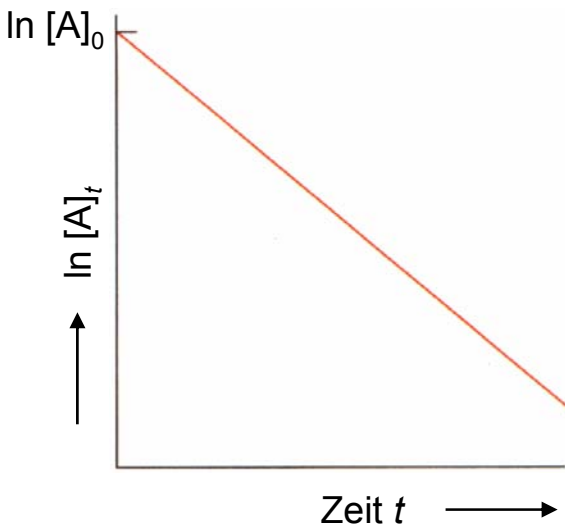
## Konformationsisomere

# Reaktion 1. Ordnung: $A \xrightarrow{k_1} B$

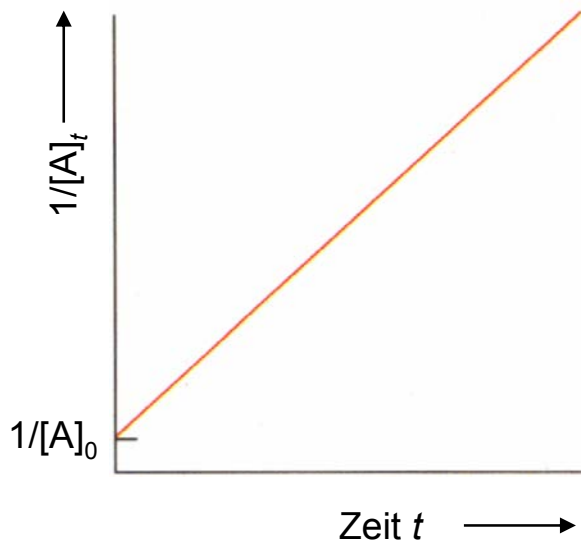
Reaktionsgeschwindigkeit:  $v = -\frac{d[A]}{dt} = k_1 \cdot [A]$ ;  $-\frac{d[A]}{[A]} = k_1 \cdot dt$   $\int_{[A]_0}^{[A]_t} d \ln[A] = -k_1 \int_0^t dt$

$$\ln[A]_t - \ln[A]_0 = -k_1 t; \quad \ln \frac{[A]_0}{[A]_t} = k_1 t; \quad [A]_t = [A]_0 e^{-k_1 t}$$

Halbwertszeit  $t_{1/2}$ :  $[A]_t = \frac{[A]_0}{2}$ ;  $\ln \frac{[A]_0}{[A]_0/2} = k_1 t_{1/2} = \ln 2$   $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_1}$



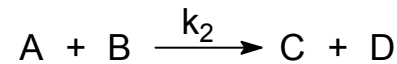
## Reaktion 2. Ordnung: $2 A \xrightarrow{k_2} B + C$



$$v = -\frac{d[A]}{dt} = k_2[A]^2$$

$$-\int_{[A]_0}^{[A]_t} \frac{d[A]}{[A]^2} = k_2 \int_0^t dt$$

$$(1) \quad \frac{1}{[A]_t} - \frac{1}{[A]_0} = k_2 t; \quad t_{1/2} = \frac{1}{k_2[A]_0}$$



$$v = -\frac{dA}{dt} = -\frac{dB}{dt} = k_2 [A] [B]$$

Wenn  $[A]_0 = [B]_0 \Rightarrow$  dann gilt Gleichung (1)

Wenn  $[A]_0 \neq [B]_0 \Rightarrow$  Umsatzvariable:  $x$

$$v = \frac{dx}{dt} = k_2 ([A]_0 - x) ([B]_0 - x)$$

Wenn  $[A]_0 \ll [B]_0 \Rightarrow$  Reaktion pseudo  
1. Ordnung mit  $[B] = [B]_0 = \text{konstant}$

$$v = -\frac{d[A]}{dt} = k_{\text{obs}} [A], \quad k_{\text{obs}} = k_2 [B]_0$$

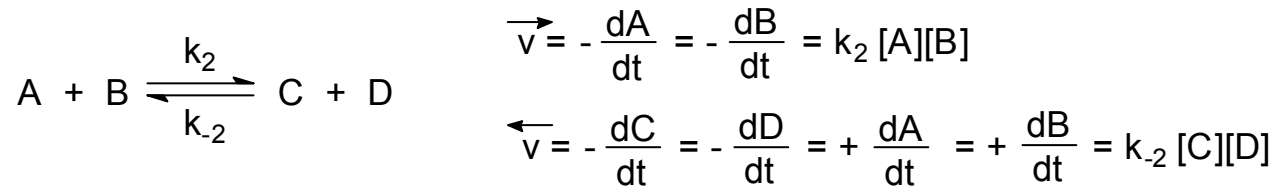
**Beispiel:**  $2 \text{ HI (g)} \xrightarrow{410^\circ\text{C}} \text{ H}_2 \text{ (g)} + \text{ I}_2 \text{ (g)}$   
 $k_2 = 5.1 \cdot 10^{-4} \text{ l}/(\text{mol} \cdot \text{s}) \quad [\text{HI}]_t = 0.36 \text{ mol/l}$

Berechnen Sie: a) Wie groß ist  $[\text{HI}]_t$  nach  $t = 12 \text{ min}$  ?  
 b) Wie groß ist  $t$ , wenn  $[\text{HI}]_t = 0.25 \text{ mol/l}$  ist ?  
 c) Halbwertszeit  $t_{1/2}$

**Reaktion 0. Ordnung:**  $v = - \frac{d[A]}{dt} = k_0$

z.B. bei enzymatischen Reaktionen bleibt in manchen Fällen die Reaktionsgeschwindigkeit  $v$  während der gesamten Reaktion konstant und ist unabhängig von der Substrat-Konzentration  $[A]$ .

## Reversible Reaktionen (Gleichgewichtsreaktionen)



Beim Erreichen des Gleichgewichtes gilt:

$$\vec{v} = \overleftarrow{v} : k_2 [A][B] = k_{-2} [C][D]$$

Gleichgewichtskonstante:  $K = \frac{k_2}{k_{-2}} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$  Massenwirkungsgesetz (MWG)  
(kinetische Ableitung)

# Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit

Arrhenius-Gleichung:

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_A}{RT}}$$

k - Geschwindigkeitskonstante

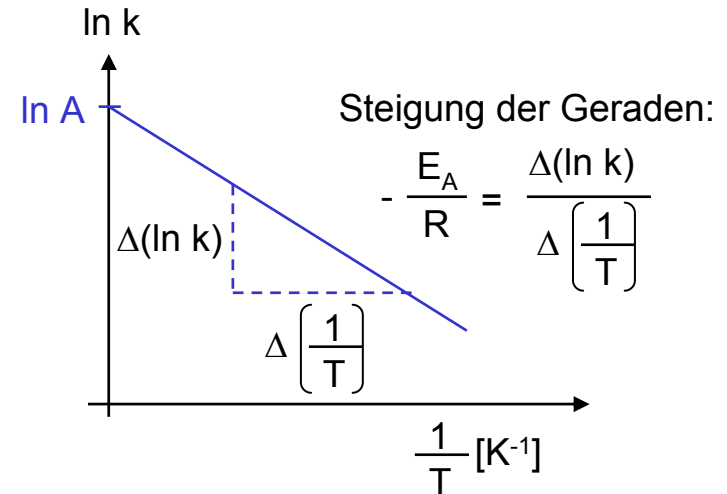
A - Arrhenius-Faktor

$E_A$  - Aktivierungsenergie [KJ/mol]

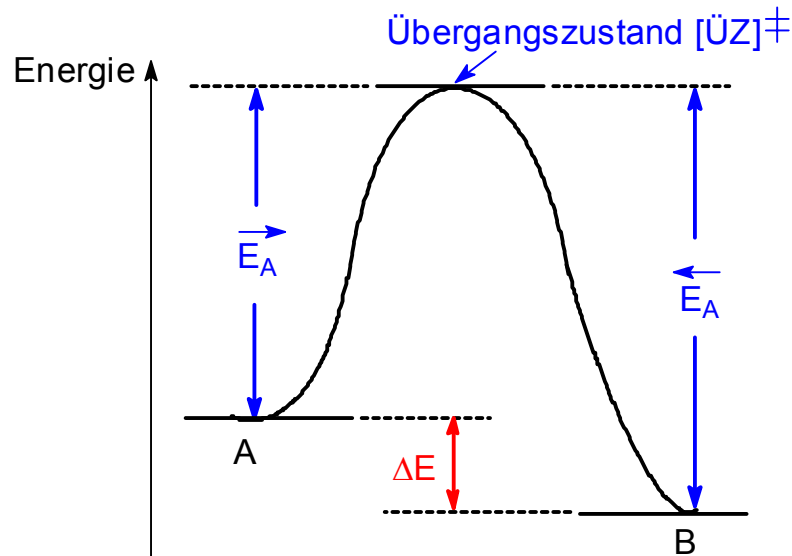
R - allgemeine Gaskonstante

T - absolute Temperatur [K]

$$\ln k = \ln A - \frac{E_A}{R} \cdot \frac{1}{T}$$



## Diagramm der potentiellen Energie einer Reaktion

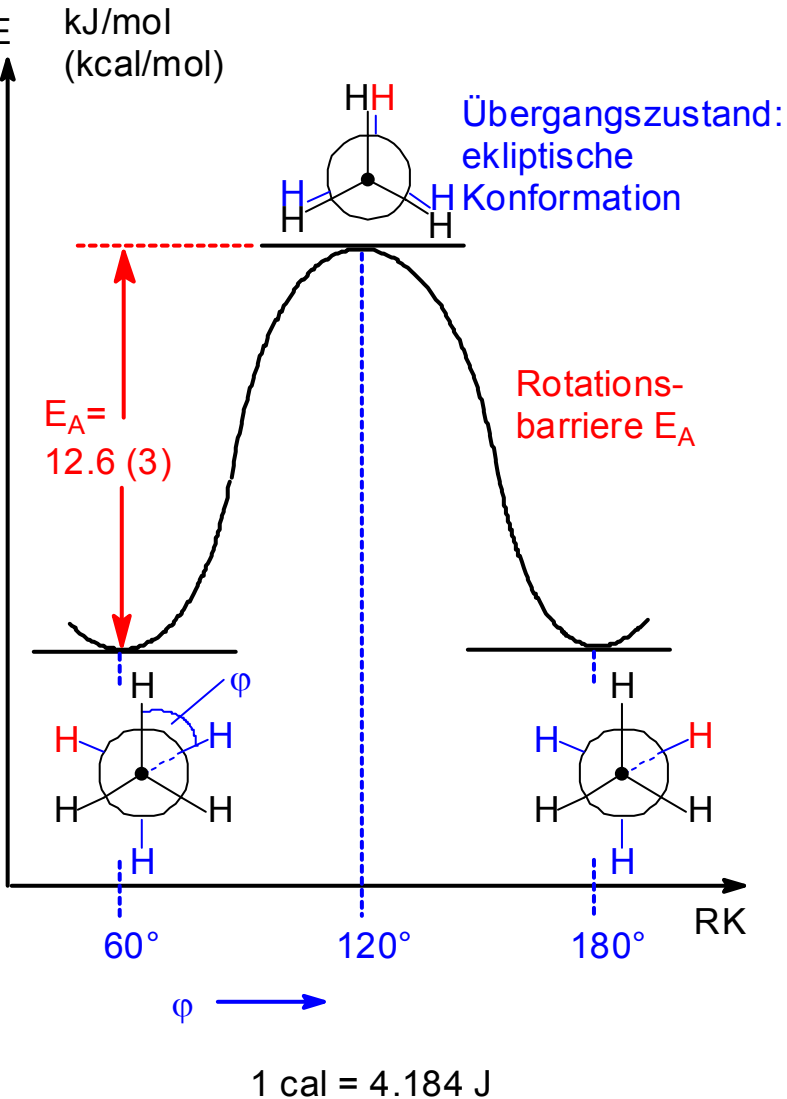


$E_A$  - Aktivierungsenergie

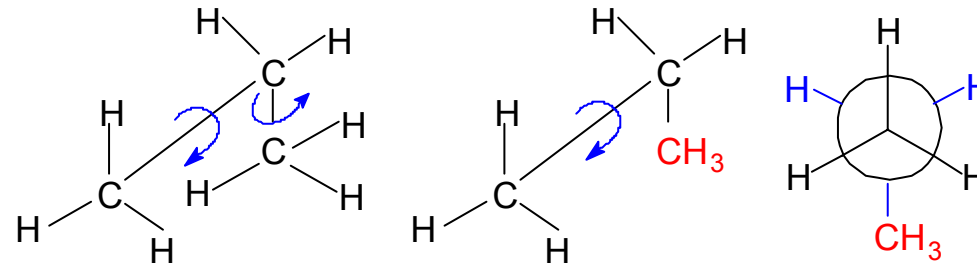
Energiedifferenz zwischen Übergangszustand  
und Grundzustand

$\Delta E$  - Energiedifferenz der Grundzustände

# Rotation um die $\sigma$ -C-C-Bindung



Propan:  $C_3H_8$   $H_3C-CH_2-CH_3$



Rotationsbarriere  $E_A = 13.8$  kJ/mol (3.3 kcal/mol)

Butan:  $C_4H_{10}$

zwei Strukturisomere (Konstitutionsisomere)

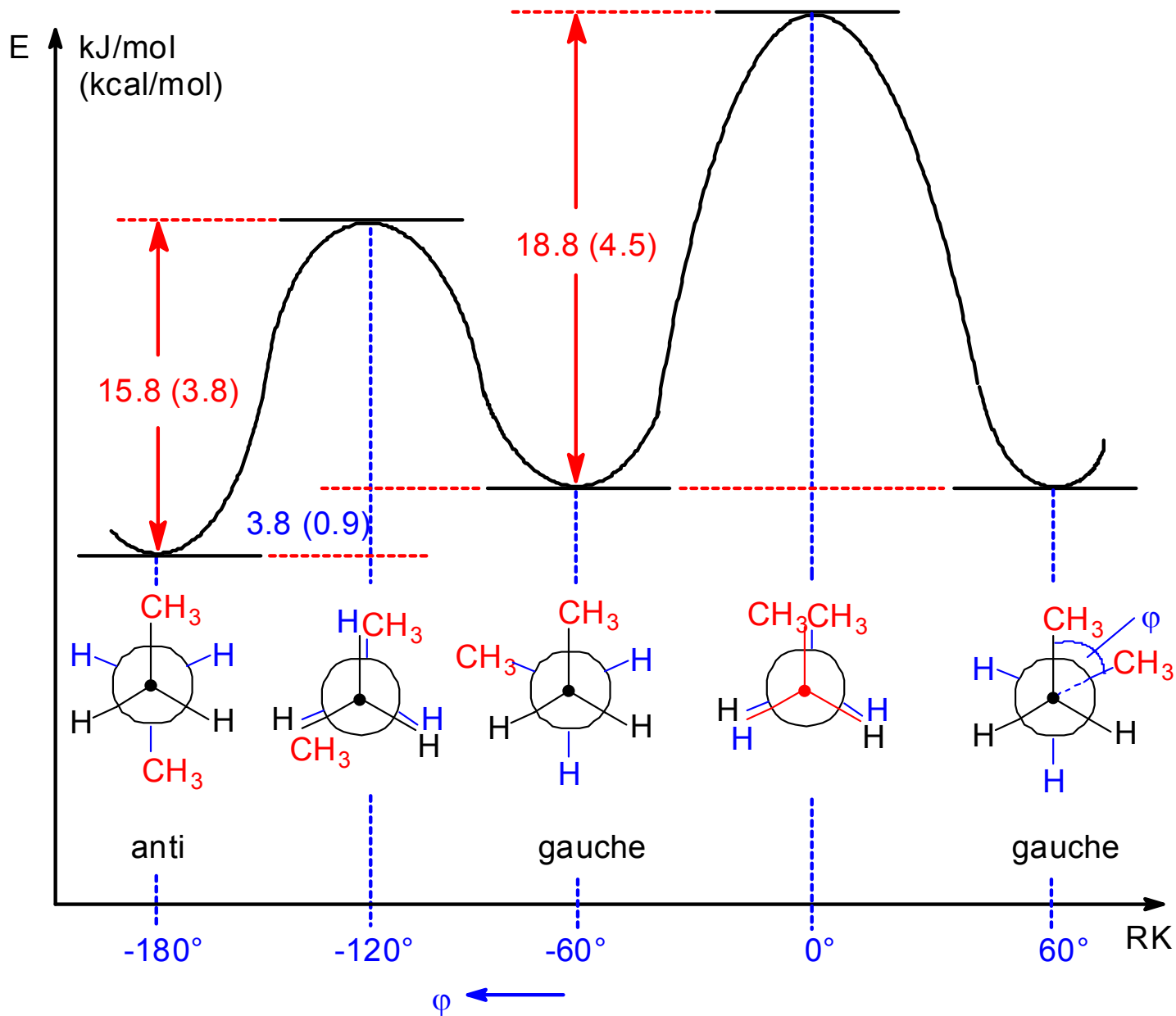
$H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$

*n*-Butan

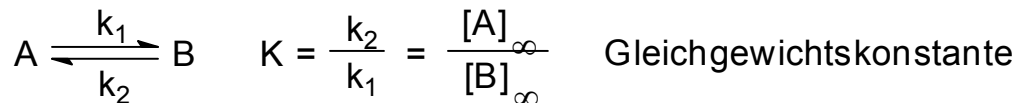
$H_3C-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-CH_3$

Isobutan: Methylpropan

# Rotation um die zentrale C-C-Bindung in *n*-Butan ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ )



# Thermodynamische Behandlung eines Gleichgewichtes



## Beispiele:

298.15 K

$$\Delta G = 0 \text{ kJ/mol} \quad K = e^{-\frac{0}{RT}} = 1 = \frac{50}{50}$$

$$\Delta G = -3.8 \text{ kJ/mol} \quad K = e^{\frac{3800}{RT}} = 4.6 = \frac{82}{18}$$

$$\Delta G = -RT \ln K$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\ln K = -\frac{\Delta H}{RT} + \frac{\Delta S}{R}$$

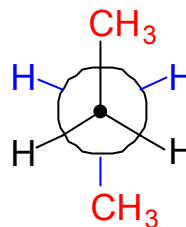
$\Delta G$  - Gibbs-Reaktionsenthalpie

$\Delta H$  - Reaktionsenthalpie

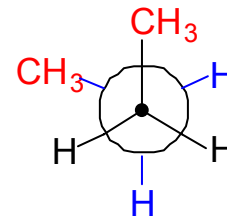
$\Delta S$  - Reaktionsentropie

$R = 8.4145 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} (1.9872 \text{ cal mol}^{-1}\text{K}^{-1})$

Im Gleichgewicht liegt *n*-Butan 82% in der anti- + 18% in der gauche-Konformation vor.



anti

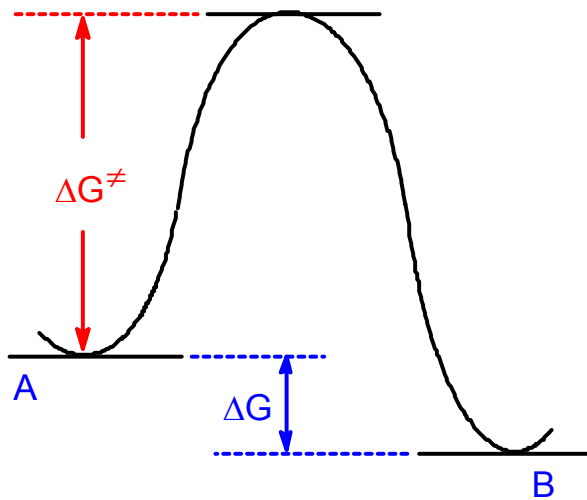


gauche



# Theorie des Übergangszustandes (Eyring-Theorie)

## Thermodynamische Behandlung von Grund- und Übergangszustand.



$$\Delta G = -RT \ln K$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G^\ddagger = -RT \ln K^\ddagger$$

$$\Delta G^\ddagger = \Delta H^\ddagger - T\Delta S^\ddagger$$

$$k_1 = \frac{k_B \cdot T}{h} \cdot K^\ddagger$$

$$k_1 = \frac{k_B \cdot T}{h} e^{-\frac{\Delta G^\ddagger}{RT}} \quad \Delta G^\ddagger = -RT \ln \left( \frac{k_1 \cdot h}{k_B \cdot T} \right)$$

Arrhenius-Gleichung

$$k_1 = \frac{k_B \cdot T}{h} e^{\left( -\frac{\Delta H^\ddagger}{RT} + \frac{\Delta S^\ddagger}{R} \right)} = \left( \frac{k_B \cdot T}{h} e^{\frac{\Delta S^\ddagger}{R}} \right) \cdot e^{-\frac{\Delta H^\ddagger}{RT}}$$

$$k_1 = A \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}}$$

$\Delta G^\ddagger$  - Gibbs-Aktivierungsenthalpie

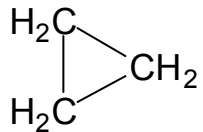
$\Delta H^\ddagger$  - Aktivierungsenthalpie

$\Delta S^\ddagger$  - Aktivierungsentropie

$k_B$  - Boltzmann-Konstante  $\frac{k_B}{h} = 2.085 \cdot 10^{10}$

$h$  - Planck'sches Wirkungsquantum

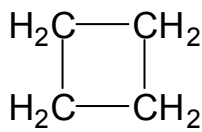
# Cycloalkane: $C_nH_{2n}$ ( $n = 3, 4, 5, \dots$ )



|||



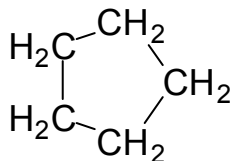
Cyclopropan



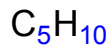
|||



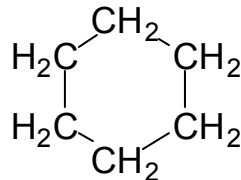
Cyclobutan



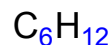
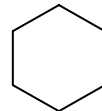
|||



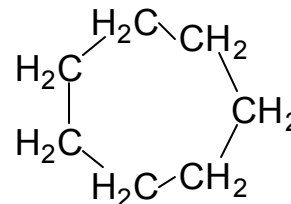
Cyclopentan



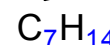
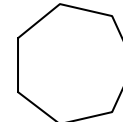
|||



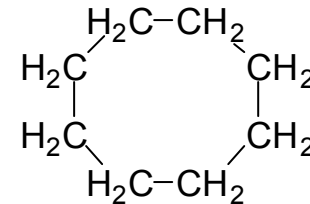
Cyclohexan



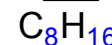
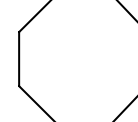
|||



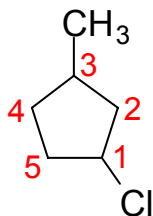
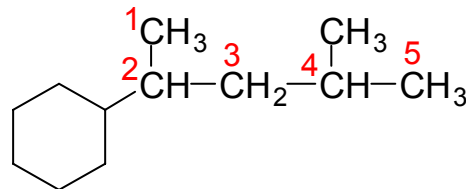
Cycloheptan



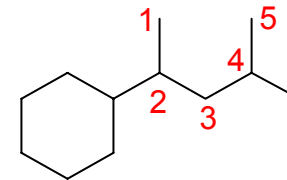
|||



Cyclooctan

1-Chlor-3-methyl-  
cyclopentan

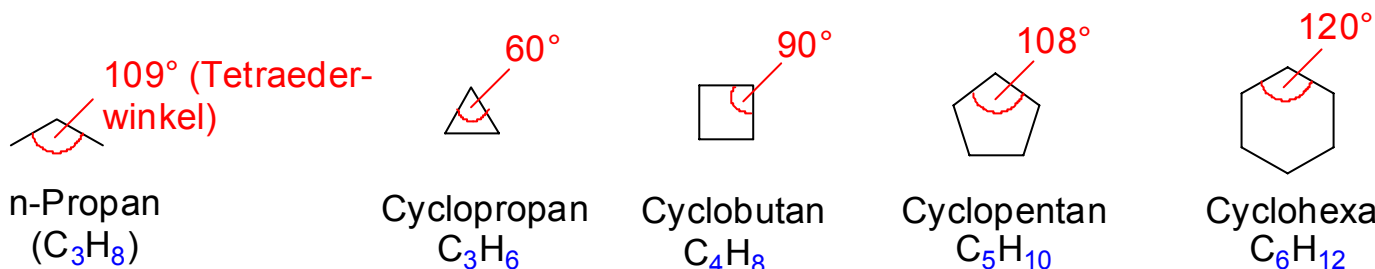
≡



2-Cyclohexyl-4-methylpentan

# Stabilität von Cycloalkanen (Ringspannung)

## a) Winkelspannung (A. von Bayer 1885)



## Bildungsenthalpien $\Delta H_f^\circ$ [kJ/mol] und die daraus abgeleiteten Spannungsenergien von Cycloalkanen (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>

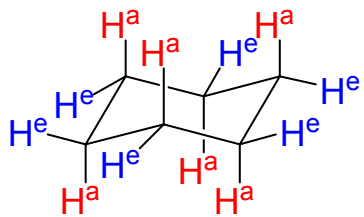
n	Cycloalkan	$\Delta H_f^\circ$ (exp.)	$\Delta H_f^\circ/n$ pro CH <sub>2</sub>	Spannungsenergie S.E.
3	Cyclopropan	+53.2	+17.7	115
4	Cyclobutan	+28.5	+7.1	111
5	Cyclopentan	-77.0	-15.4	26
6	Cyclohexan	-123.0	-20.5	0 (Referenz)
7	Cycloheptan	-118.0	-16.9	26
8	Cyclooctan	-124.0	-15.5	40
15	Cyclopentadecan	-301.0	-20.1	7

alle Energiewerte in kJ/mol

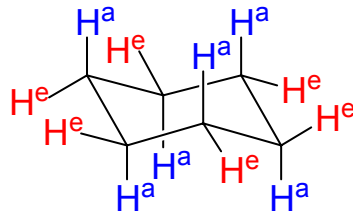
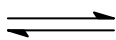
**Spannungsenergie:**  $S.E. (CH_2)_n = \Delta H_f^\circ (\text{exp.}) - n (-20.5)$

# Nicht-planare Geometrie von Cycloalkanen (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> n>3

## Sesselkonformation von Cyclohexan

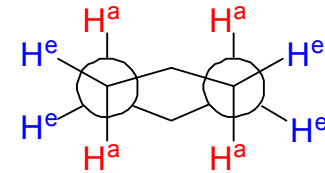


a - axial  
e - äquatorial (equatorial)  
Sessel (1)



a - axial  
e - äquatorial  
Sessel (2)

Umklappen  
(schnell)

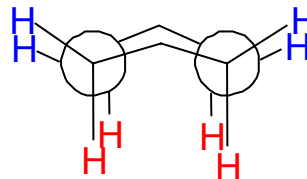
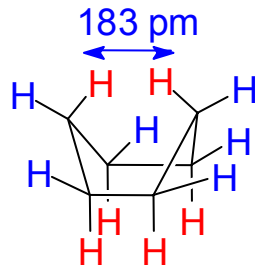


Newman-Projektion

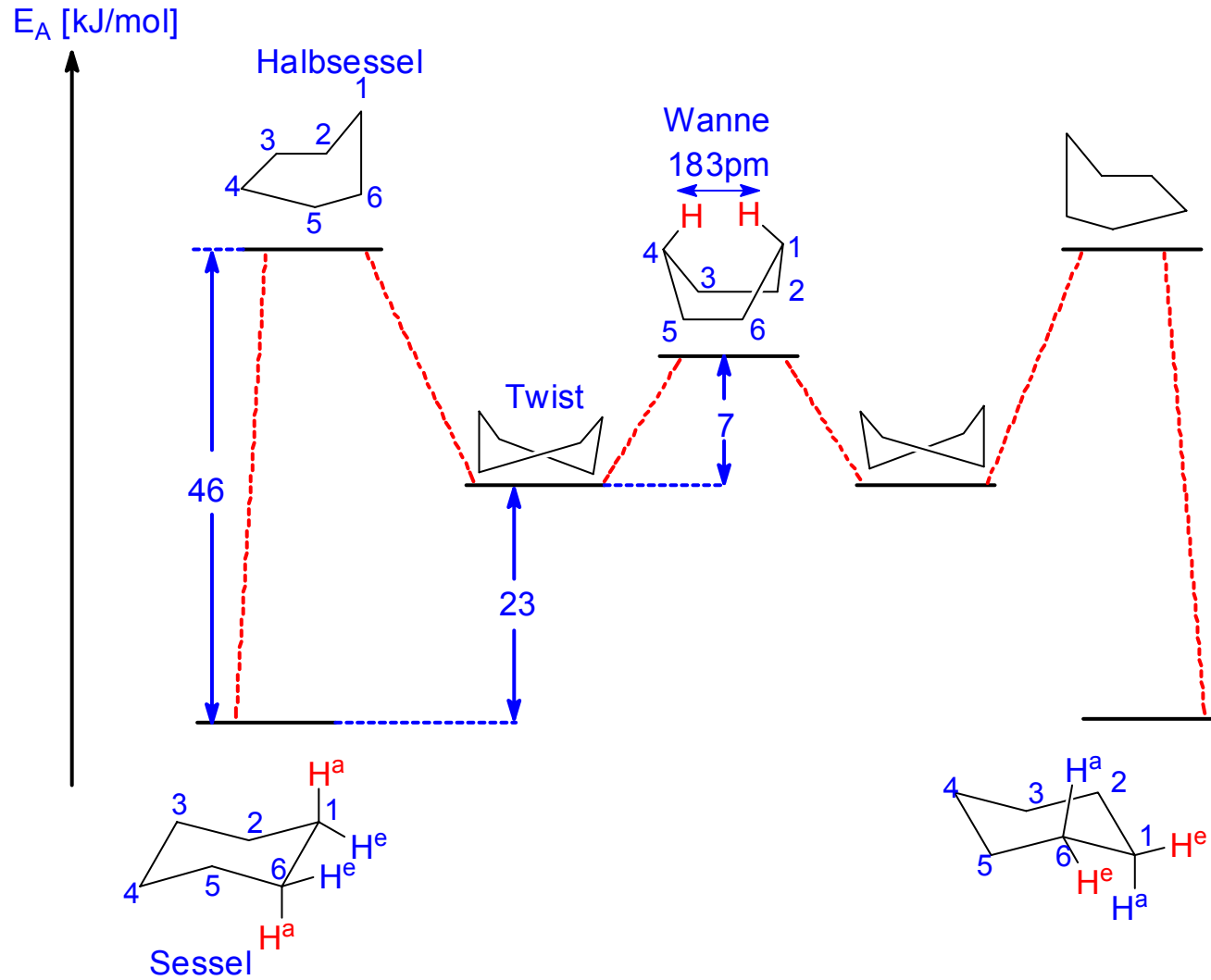
In beiden Sesselkonformationen stehen alle Wasserstoffatome auf Lücke.

## Wannenkonformation

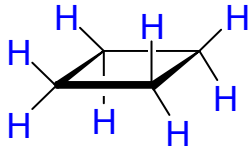
(ca. 30 kJ/mol instabiler als die Sesselkonformation wegen ekliptischer Wechselwirkungen und des geringen HH-Abstandes am C-1 und C-4)



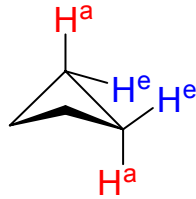
# Ringinversion des Cyclohexan-Sessels



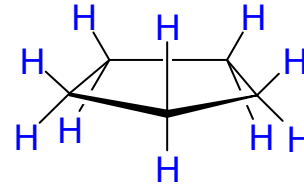
## b) Torsionsspannung: verursacht durch ekliptische Wechselwirkungen

Cyclobutan ( $\text{CH}_2$ )<sub>4</sub>

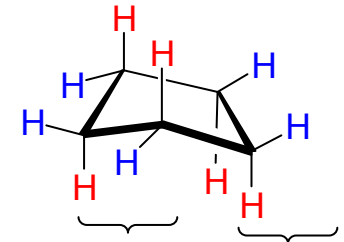
planar ungünstig  
alle H-Atome ekliptisch



nicht-planar günstiger  
gestaffelte Konformation

Cyclopentan ( $\text{CH}_2$ )<sub>5</sub>

planar ungünstig

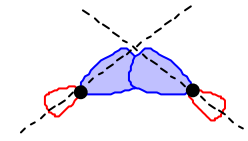


gestaffelt ekliptisch

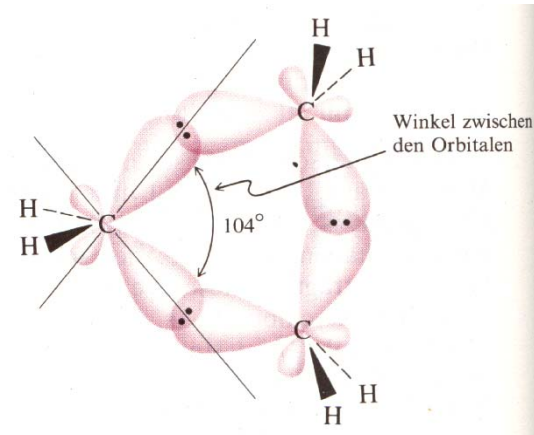
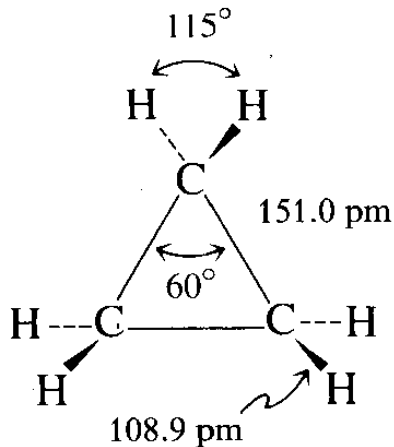
## Gebogene Bindungen im Cyclopropan (Coulson und Moffit) ("Bananenbindungen")



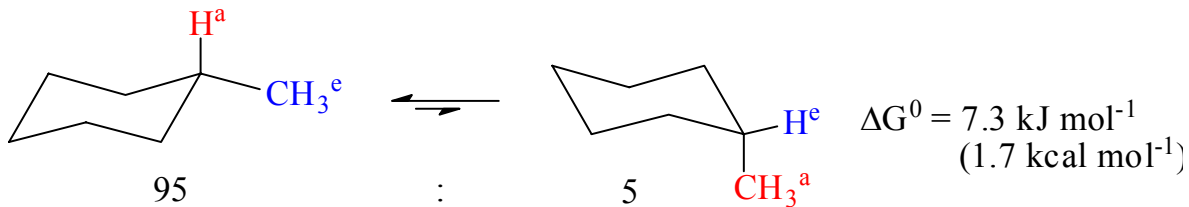
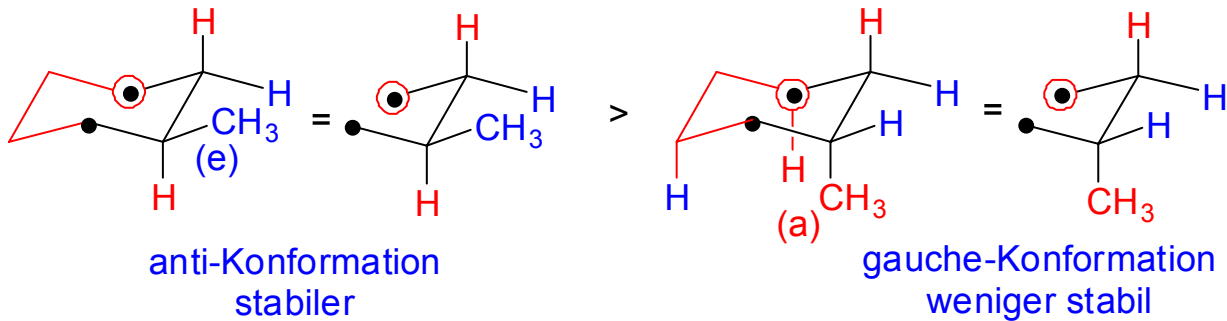
starke Bindung durch wirksame  
Überlappung der Molekülorbitale



schwache Bindung durch weniger wirksame  
Überlappung der Molekülorbitale



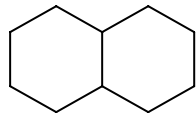
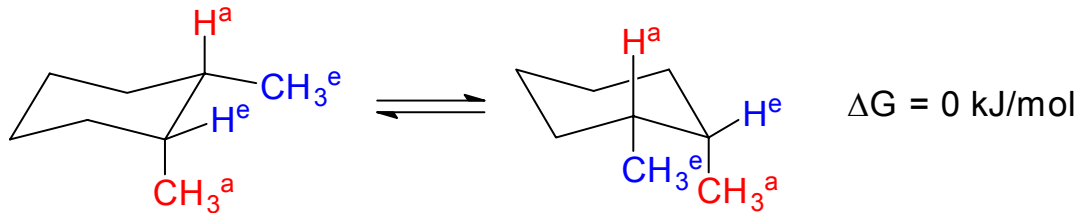
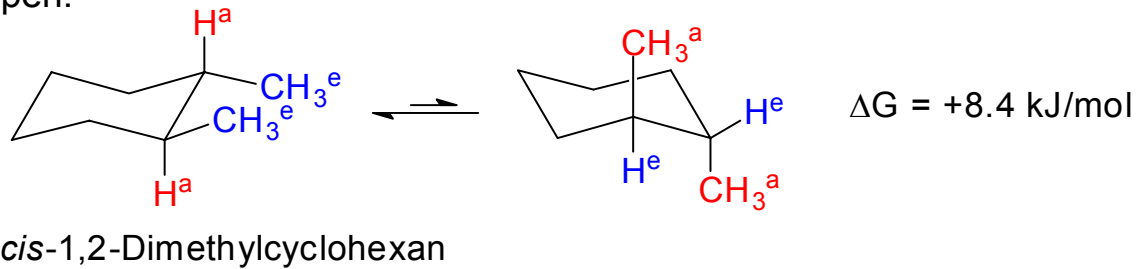
# Konformationsgleichgewichte bei substituierten Cyclohexan-Derivaten



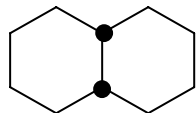
# Stereoisomere

## Definition:

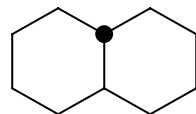
Sie haben dieselben Bindungsverknüpfungen, unterscheiden sich aber in der räumlichen Ansicht der Gruppen.



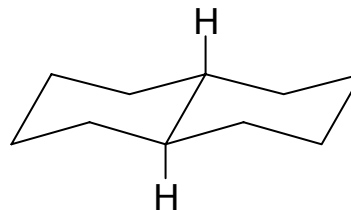
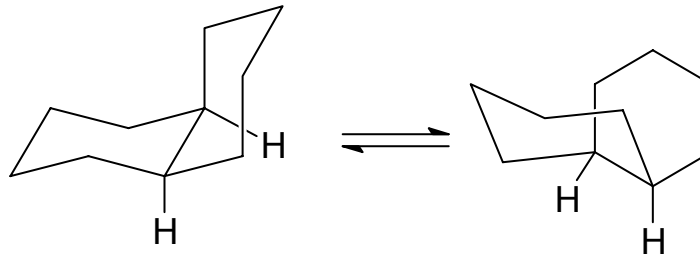
Decalin  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$  (bicyclische Verbindung)



*cis*-Decalin  
(Sdp.:  $195^\circ\text{C}$ )



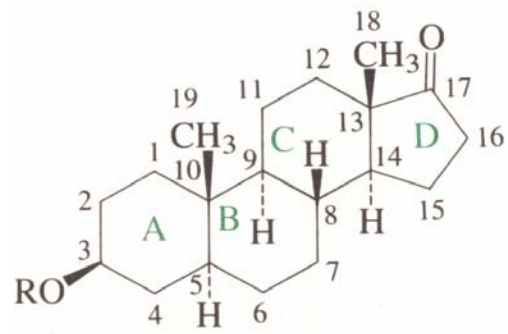
*trans*-Decalin  
(Sdp.:  $185^\circ\text{C}$ )



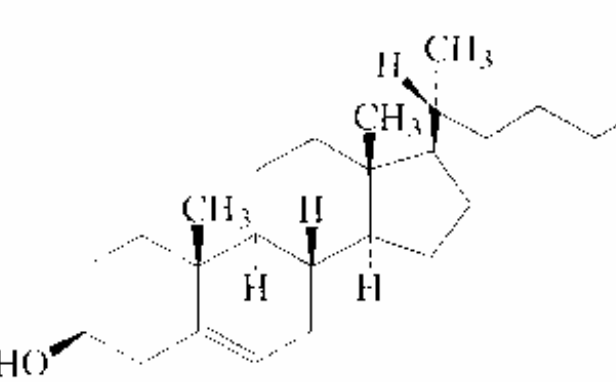
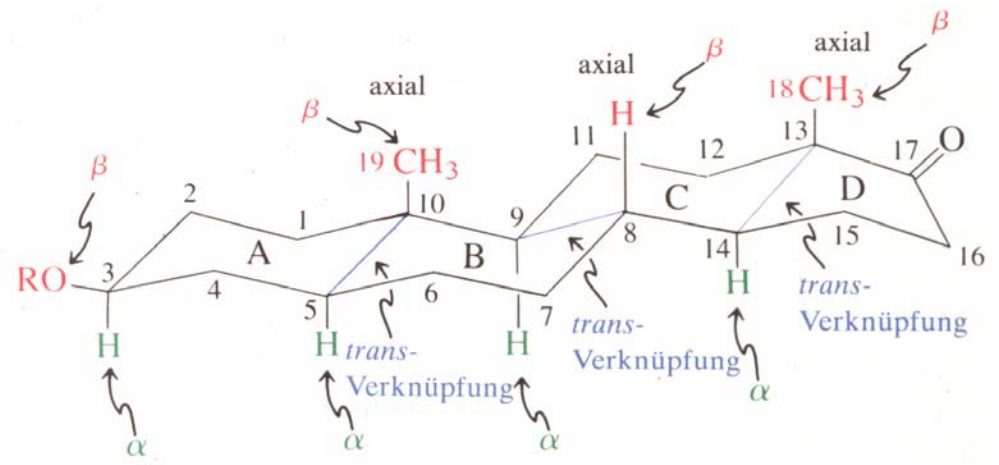
(starres Gerüst)



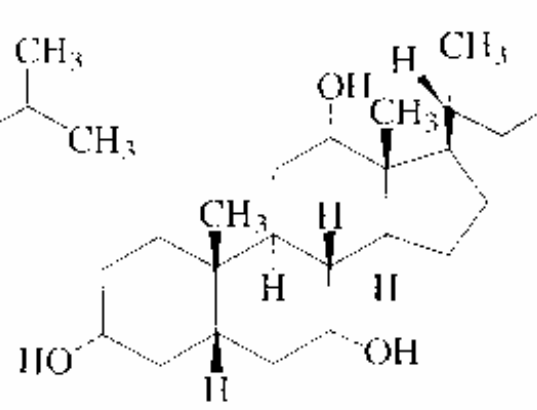
# Steroide



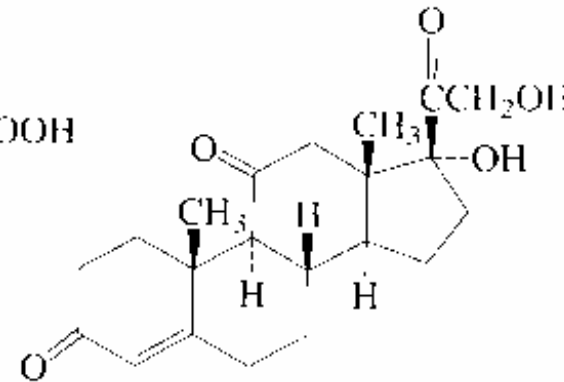
**Steroid-Grundgerüst**  
(R = H, Epiandrosteron)



**Cholesterin**



**Cholsäure**



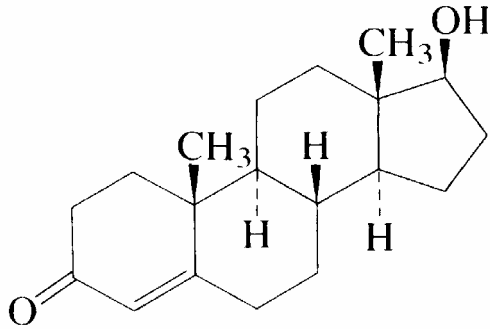
**Cortison**

Anreicherung im Gewebe und an den Arterienwänden, mitverantwortlich für Kreislauf- und Herzerkrankungen

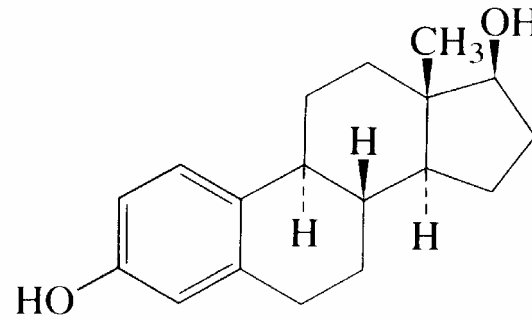
(Gallensäuren)  
Im Sekretgemisch enthalten, dient im Zwölffingerdarm zur Emulgierung, Verdauung und Absorption von Fetten

eins der Nebennierenrindenhormone, dient zur Behandlung rheumatischer Erkrankungen, reguliert Elektrolyt- und Wasserhaushalt.

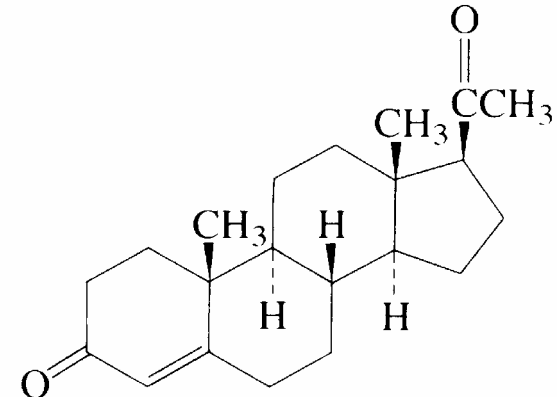
# Steroide



**Testosteron**



**Östradiol**



**Progesteron**

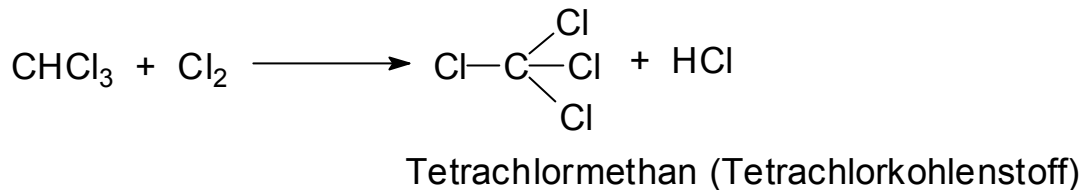
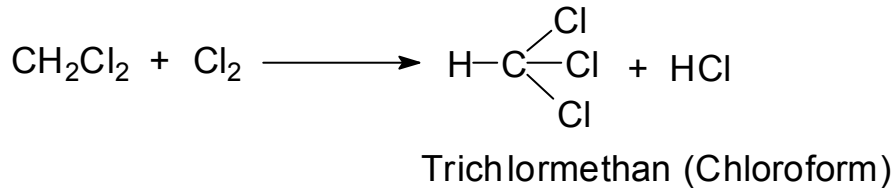
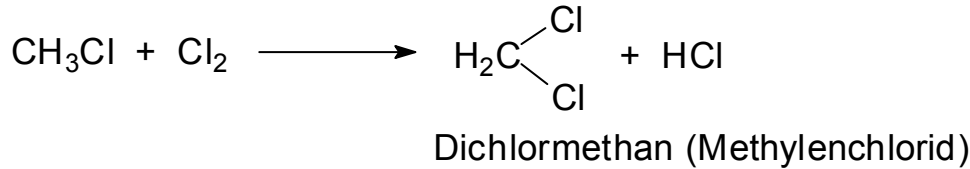
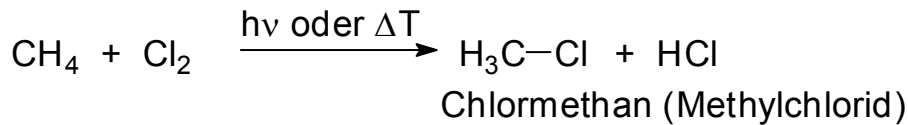
männliches Sexualhormon,  
verantwortlich für sekundäre  
männliche Geschlechts-  
merkmale (tiefe Stimme,  
Bartwuchs etc.),  
wird in den Hoden produziert.

weibliches Sexualhormon,  
verantwortlich für die sekundären  
weiblichen Geschlechtsmerkmale,  
ist an der Regulierung des  
Menstruationscyclus beteiligt.

Schwangerschaftshormon, sorgt  
dafür, daß der Uterus für die  
Einnistung der befruchteten  
Eizelle bereit ist.

Steroidhormone sind z.B. auch die Wirkstoffe der „Pille“

# Chlorierung von Methan

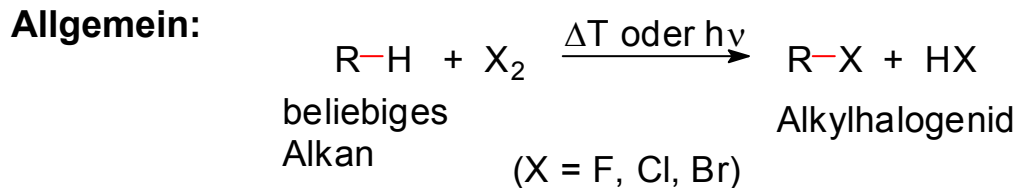
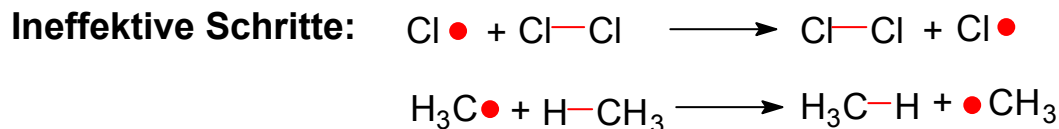
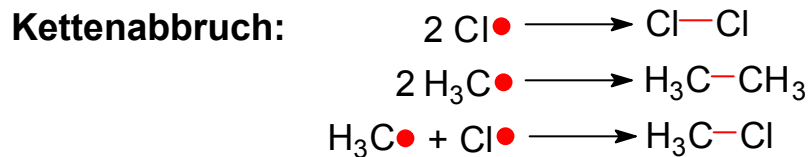
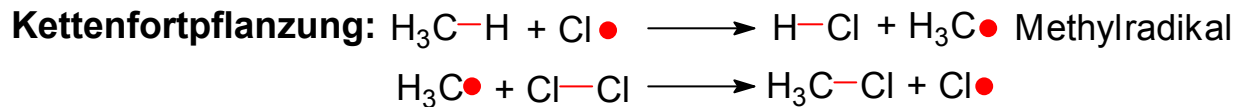
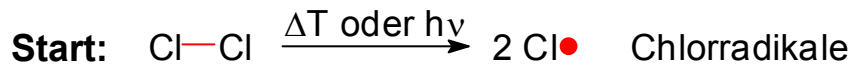


Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) — Verwendung als relativ unpolare Lösungsmittel

Chloroform  $\text{CHCl}_3$  ist narkotisch wirksam, jedoch sehr toxisch:  
heute keine Verwendung mehr als Narkosemittel.

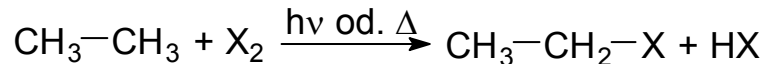
Halothan:  $\text{F}_3\text{C}-\text{CH} \begin{array}{l} \diagup \text{Br} \\ \diagdown \text{Cl} \end{array}$  (2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan) — Narkosemittel

Iodmethan:  $\text{CH}_3-\text{I}$  — wichtiges Reagenz zur Übertragung von Methylgruppen (cancerogen)



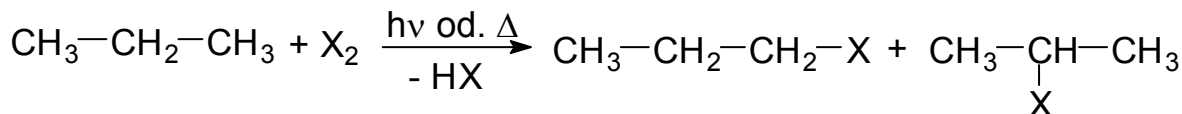
# Halogenierung von Alkanen

X = F, Cl, Br



Ethan

Ethylhalogenid (-halogenid = -fluorid, -chlorid, -bromid)



Propan

n-Propylhalogenid

Isopropylhalogenid

Produktverhältnis: X = Cl

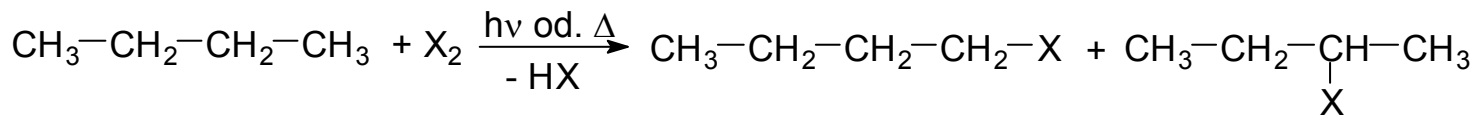
45%

55%

X = Br

3%

97%



n-Butan

n-Butylhalogenid  
(1-Halogenbutan)

sec.-Butylhalogenid  
(2-Halogenbutan)

Produktverhältnis: X = Cl

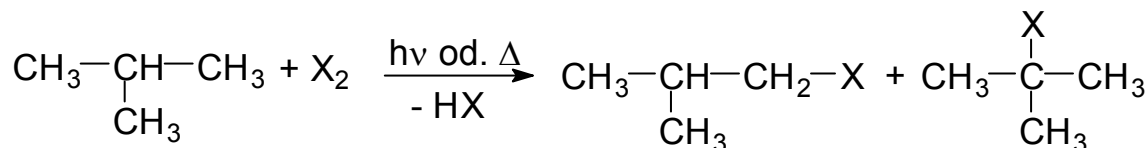
28%

72%

X = Br

2%

98%



Isobutan  
(Methylpropan)

Isobutylhalogenid  
(1-Halogen-2-  
methylpropan)

tert.-Butylhalogenid  
(2-Halogen-2-methylpropan)

Produktverhältnis: X = Cl

64%

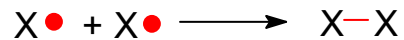
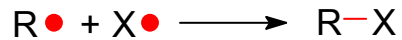
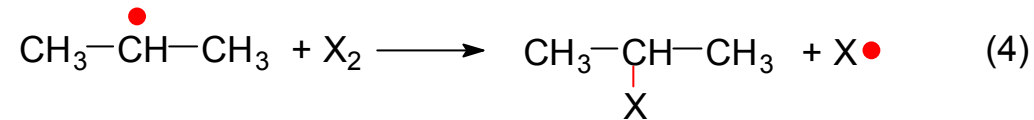
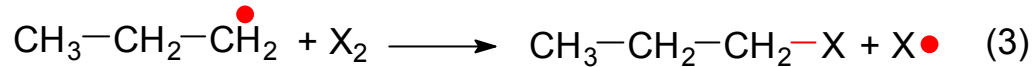
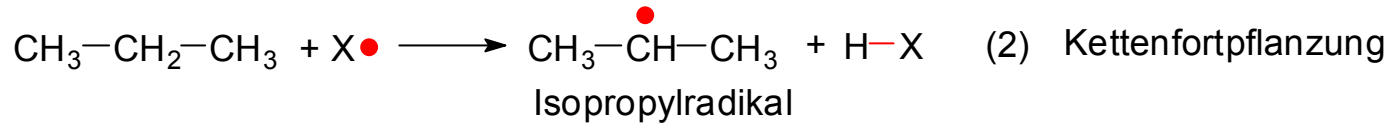
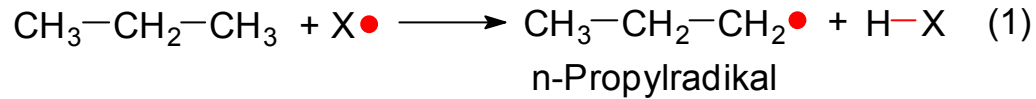
36%

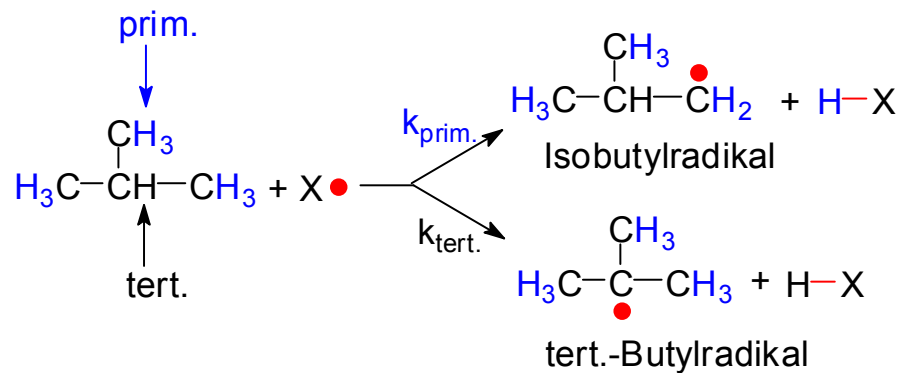
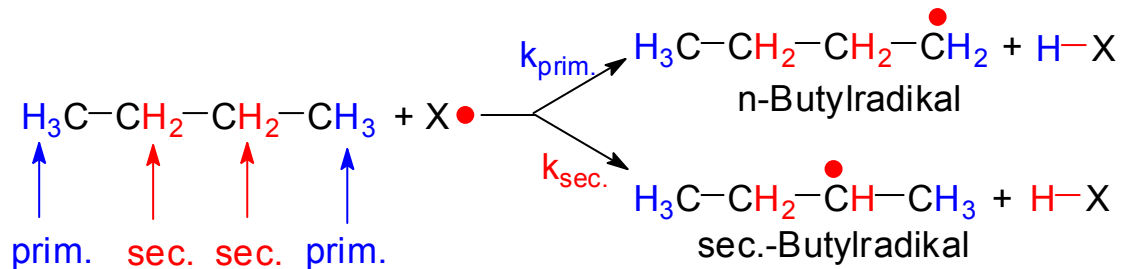
X = Br

Spur

>99%

# Mechanismus: Radikal-Ketten-Reaktion





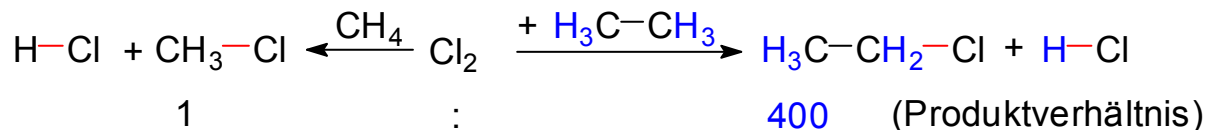
Das Radikal  $\text{Br}\cdot$  ist weniger reaktiv aber selektiver als das Radikal  $\text{Cl}\cdot$ .

# Relative Reaktionsgeschwindigkeit (R.G.)

der Halogenierung von Alkanen, bezogen jeweils auf einen Wasserstoff:

	tert.	>	sec.	>	prim.
X = Cl	5.0	:	3.8	:	1.0
X = Br	1600	:	82	:	1

Bestimmung der relativen R.G. durch intramolekulare Konkurrenzexperimente



Bestimmung der relativen R.G. durch intermolekulare Konkurrenzexperimente

**erweiterte Reaktivitätsreihe (relative R.G.):**

tert.	>	sec.	>	prim.	>	CH <sub>4</sub> (relative R.G.)
E <sub>A,tert.</sub>	<	E <sub>A,sec.</sub>	<	E <sub>A,prim.</sub>	<	E <sub>A,CH<sub>3</sub></sub> ●

Aktivierungsenergien der Alkylradikalbildung)

**Stabilitätsreihe der freien Alkylradikale**

