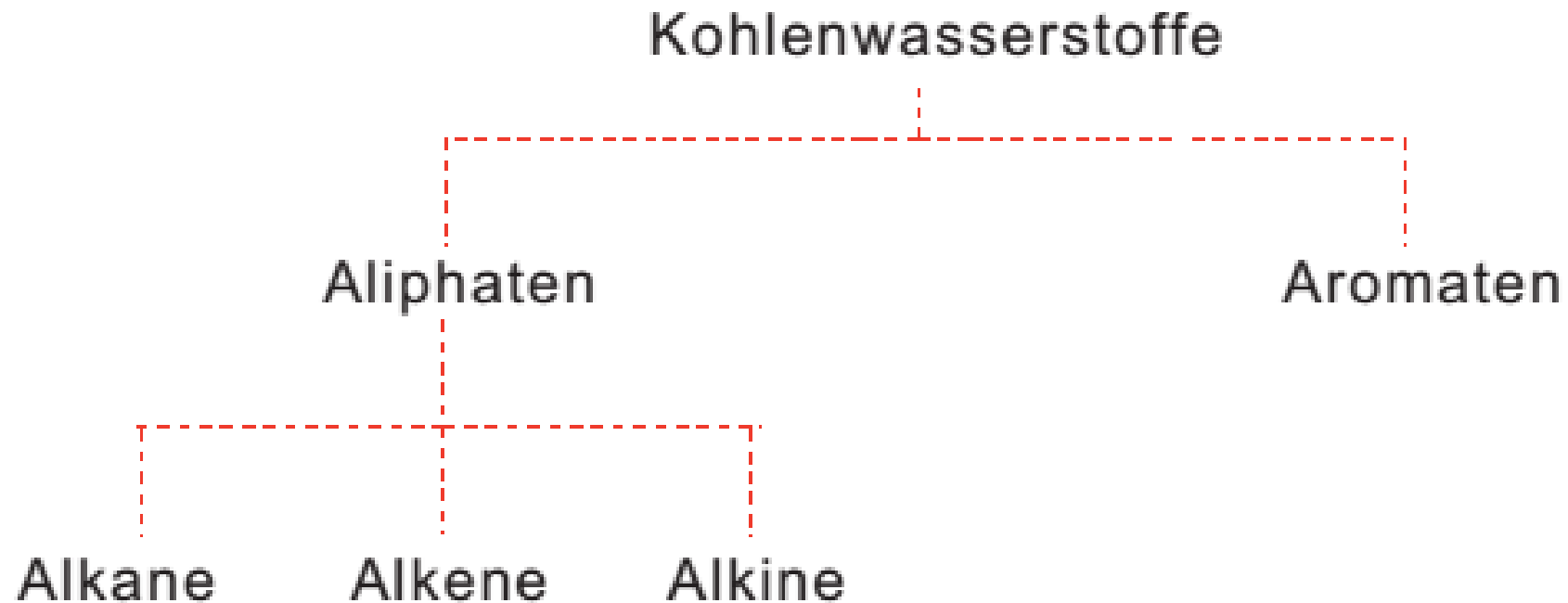


6. Kohlenwasserstoffe - Alkane, Alkene, Alkine, Arene - Molekülbau, Reaktionen und Herstellung

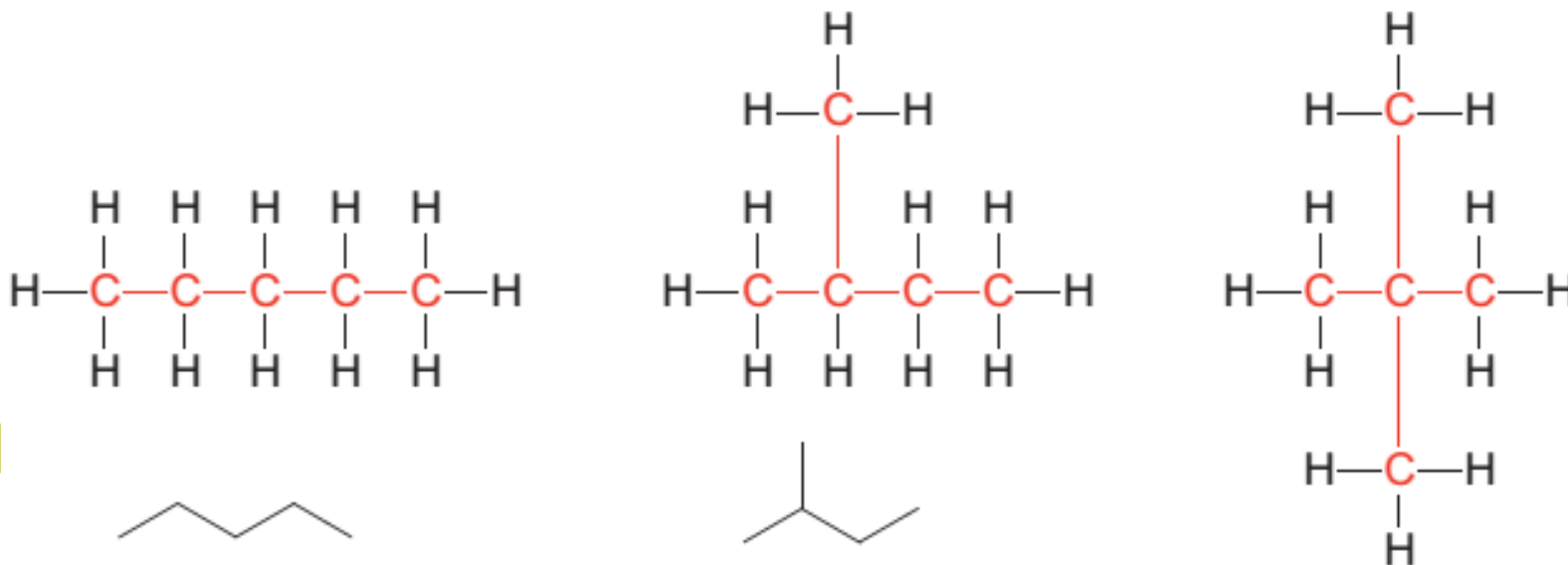
Moleküle, die nur Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten, werden **Kohlenwasserstoffe** genannt



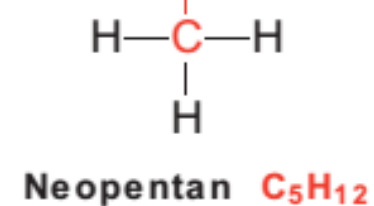
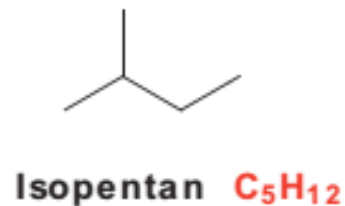
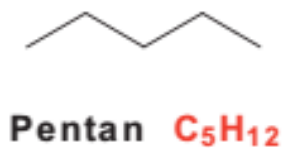
Alkane. Radikalische Substitution

Alkane sind **gesättigte** KW. Alkane enthalten Einfachbindungen. Alkene, Alkine und mit Einschränkung auch Aromaten sind **ungesättigt**. Ungesättigte Kohlenwasserstoffe können unter bestimmten Bedingungen Moleküle wie Wasserstoff oder Halogen addieren, wodurch Absättigung der Doppelbindung eintritt.

I.C.I.3



I.C.I.5



Slide 2

I.C.I.3 Butan und Isobutan sind Konstitutionsisomere. Gleiches gilt für Pentan, Isopentan und Neopentan. Darunter versteht man Isomere, welche die gleiche Summenformel besitzen, aber eine unterschiedliche Anordnung der Atome aufweisen.

Ivanov; 4.8.2014 г.

I.C.I.5 Zwei Schreibweisen sind gebräuchlich: eine, die mit Strichen die C- und H-Atome verbindet, und ab Propan auch eine andere, die nur das C-Skelett aber mit richtigen Winkeln wiedergibt (Skelett-Formel).

Ivanov; 4.8.2014 г.

Alkane. Radikalische Substitution

Mit zunehmendem Molekulargewicht steigt die Anzahl der Isomeren rapide an.

n (in $C_n H_{2n+2}$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20
Zahl der Isomeren	1	1	1	2	3	5	9	18	35	75	366391

Homologe Reihe. Alkane bilden eine homologe Reihe. Darunter versteht man eine Reihe von Verbindungen, die sich nur durch eine bestimmte Atomgruppe, meistens CH_2 , unterscheiden.

homologe Reihe der **Alkane:**



USW.

Alkane

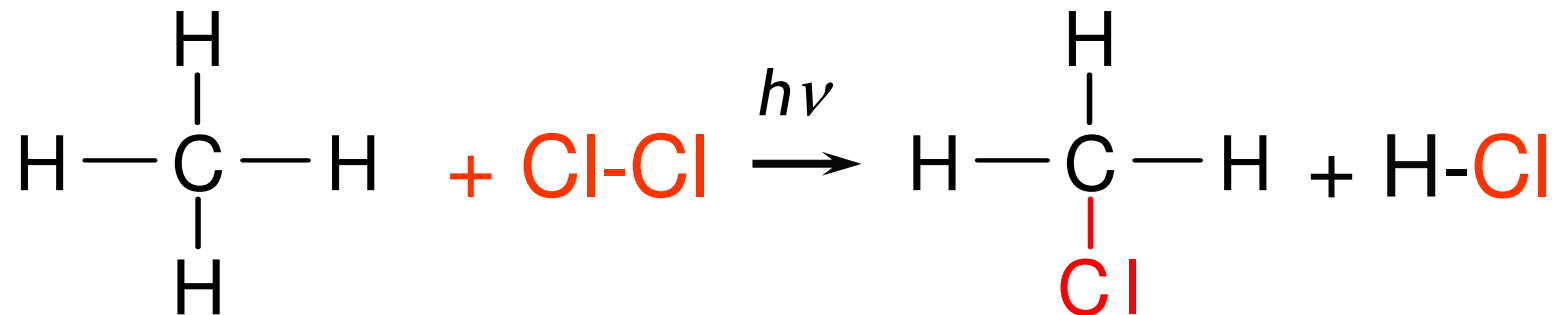
n	Name	Formel	Sdp. [°C]	Smp. [°C]	
1	Methan	CH ₄	-161,7	-182,5	bei Raum- temperatur ein Gas
2	Ethan	C ₂ H ₆	-88,6	-183,3	
3	Propan	H ₃ C-CH ₂ -CH ₃	-42,1	-187,7	
4	Butan	C ₄ H ₁₀	-0,5	-138,3	bei RT flüssig
5	Pentan	C ₅ H ₁₂	36,1	-129,8	
6	Hexan	C ₆ H ₁₄	68,7	-95,3	
7	Heptan	C ₇ H ₁₆			
8	Octan	C ₈ H ₁₈			
...					
18	Octadecan	H ₃ C(CH ₂) ₁₆ CH ₃	316,1	28,2	bei RT fest
19	Nonadecan	C ₁₉ H ₄₀	329,7	32,1	

Die Summenformel der Alkane folgt der allgemeinen Gleichung: C_nH_{2n+2}

Radikalische Substitution

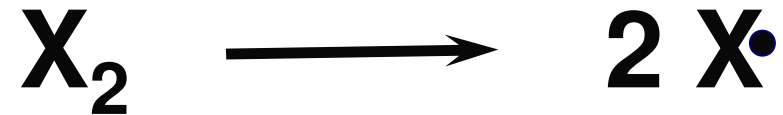
Chlorierung von Methan (eine S_R -Reaktion)

1. Bei Raumtemperatur findet in der Dunkelheit keine Reaktion statt
2. Bei Temperaturen $>300^\circ\text{C}$ kommt es zu einer Reaktion auch bei Dunkelheit
3. Bestrahlung mit UV-Licht führt zu einer Reaktion bereits bei Raumtemperatur

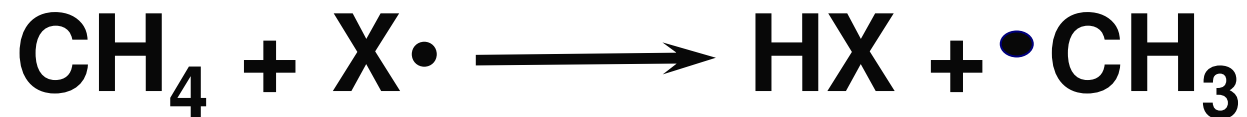


Kettenreaktion der radikalischen Substitution

- **Kettenstart:** Bildung von Radikalen (Schritt 1)



- **Kettenfortpflanzung** (Schritt 2 und 3)



- **Kettenabbruch**





Halogenierung von Alkanen

Die Reaktivität der Halogene gegenüber Alkanen nimmt innerhalb der Hauptgruppe von oben nach unten ab

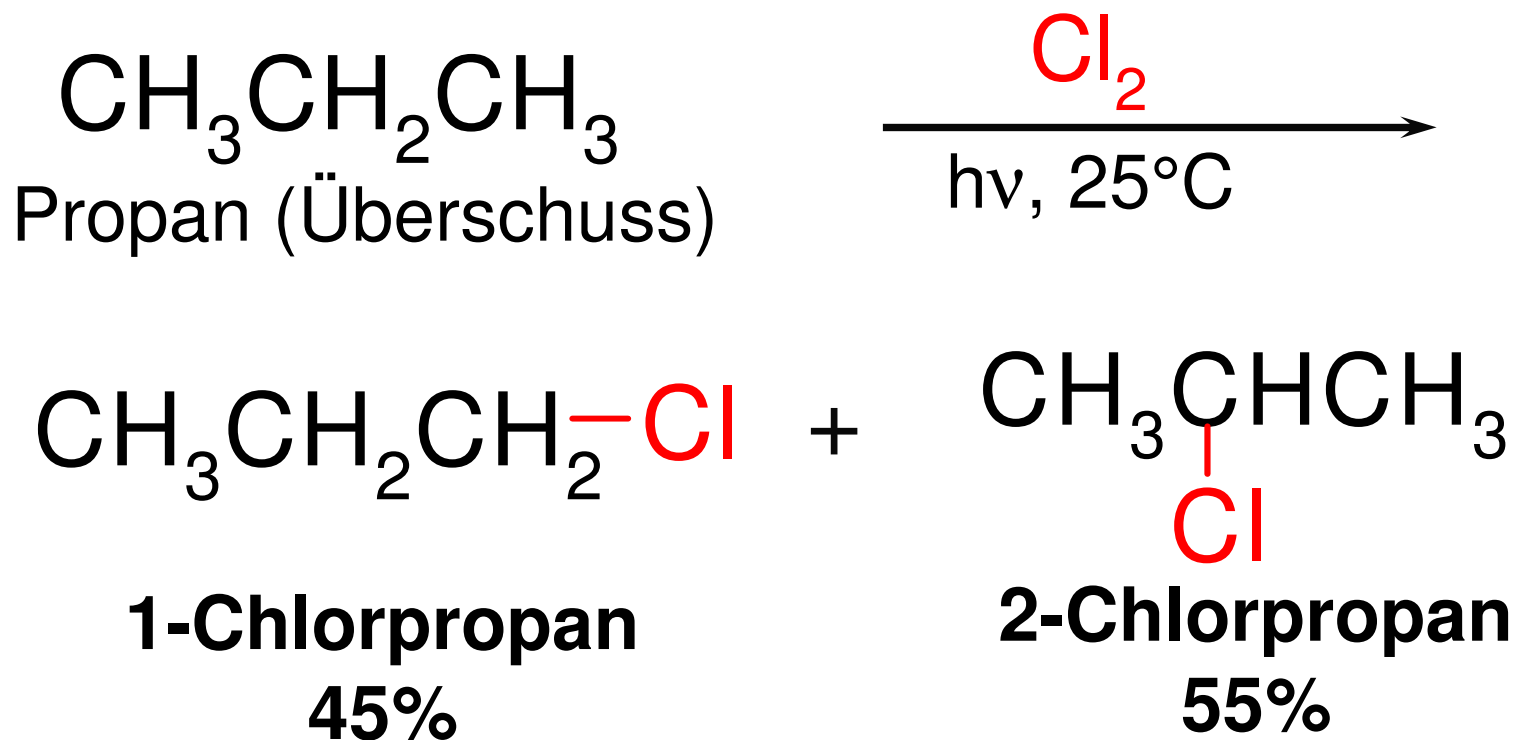
- $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$
- I_2 reagiert nicht mit Alkanen, da die Reaktion endotherm ist

Mehrfachhalogenierung ist möglich

- Die Produkt-Zusammensetzung wird durch das Mengenverhältnis der Edukte beeinflusst

Sind verschiedene Wasserstoffe im Molekül vorhanden, erhält man immer ein Gemisch aus verschiedenen Produkten!

Halogenierung von Propan

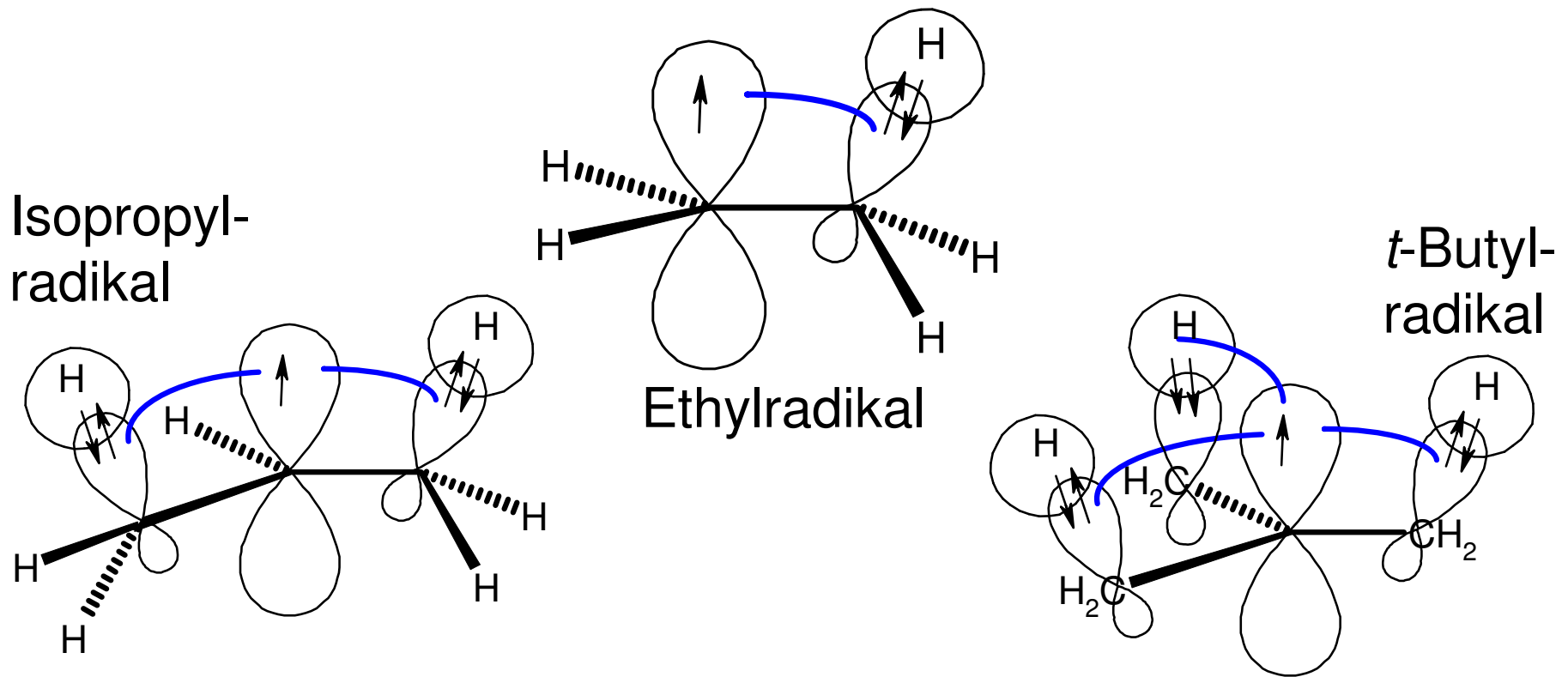


- Als statistische Verteilung erwartet man ein Verhältnis von 6:2 (75:25 %)
- Sekundäre C-H-Bindungen sind reaktiver als primäre

Die radikalische Substitution an Alkanen

- Kettenreaktion
- Im allgemeinen wenig selektiv
(Bromierungen sind selektiver als Chlorierungen)
- C-H-Bindungen haben unterschiedliche Energie und folglich unterschiedliche Reaktivität
 - ◆ primäre C-H > sekundäre C-H > tertiäre C-H
- die Stabilität der Radikale nimmt deshalb in folgender Reihe zu:
 - ◆ primär < sekundär < tertiär
- Die Geometrie der Alkylnradikale liegt zwischen tetraedrisch (sp^3) und planar (sp^2).

Stabilisierung der freien Radikale durch Hyperkonjugation



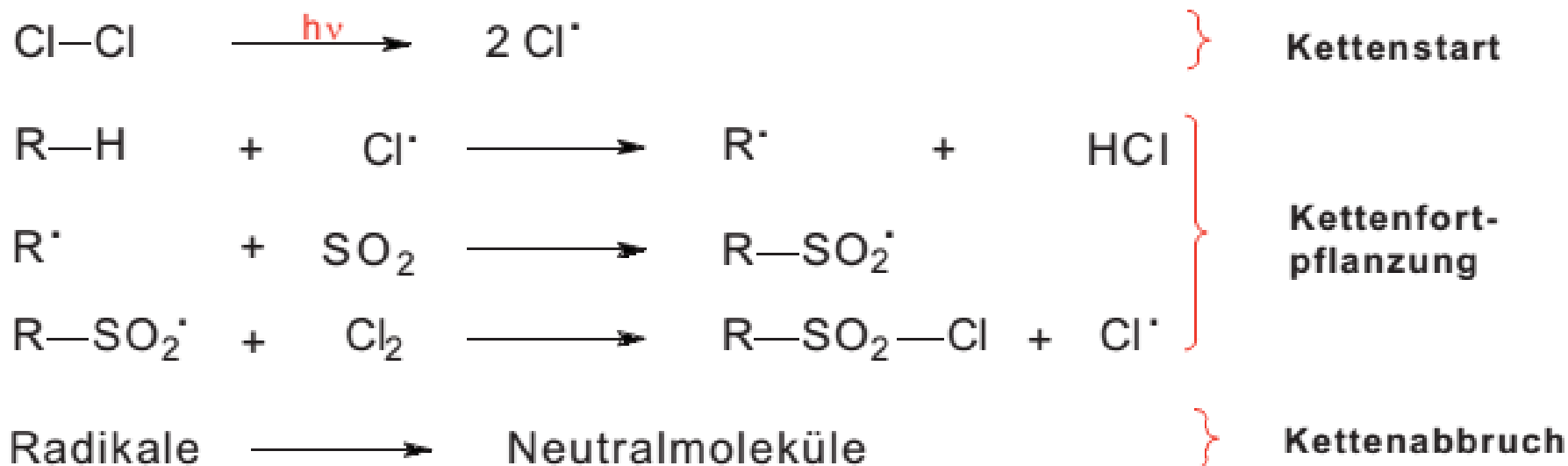
Wechselwirkung der gefüllten sp³-Hybridorbitale mit dem teilweise gefüllten p-Orbital: Delokalisation von Elektronendichte = Stabilisierung des Radikals!

Chlorierung von Alkanen in Gegenwart von Schwefeldioxid

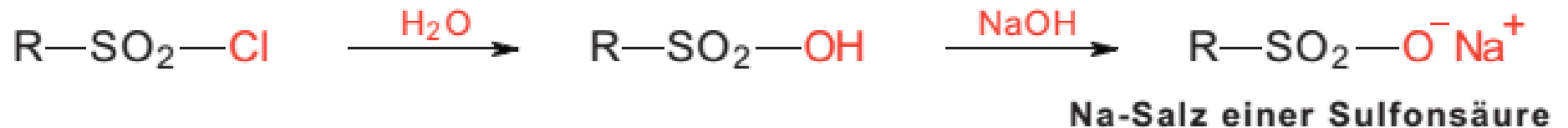
- mit einem Gemisch aus SO₂ und Cl₂ bei Belichtung:



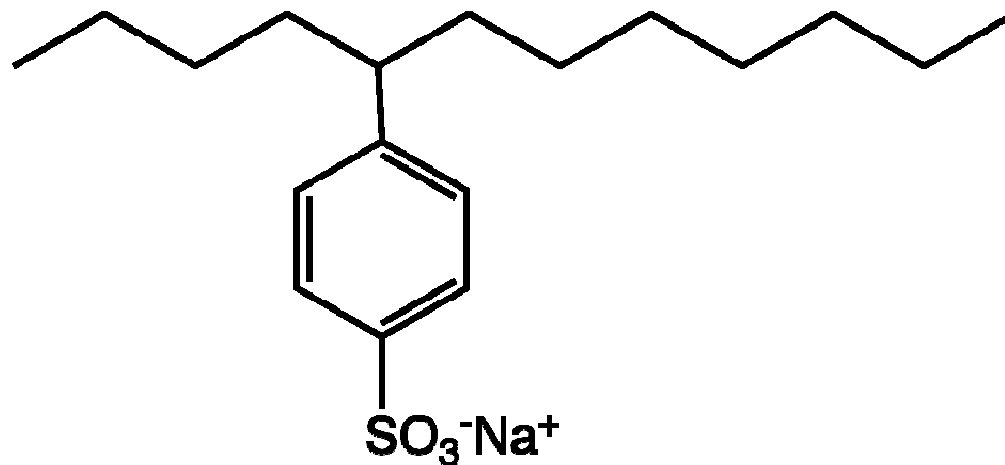
Mechanismus:



Na-Salze von Sulfonsäuren finden Verwendung als Waschmittel, sofern R darin langkettig ist:

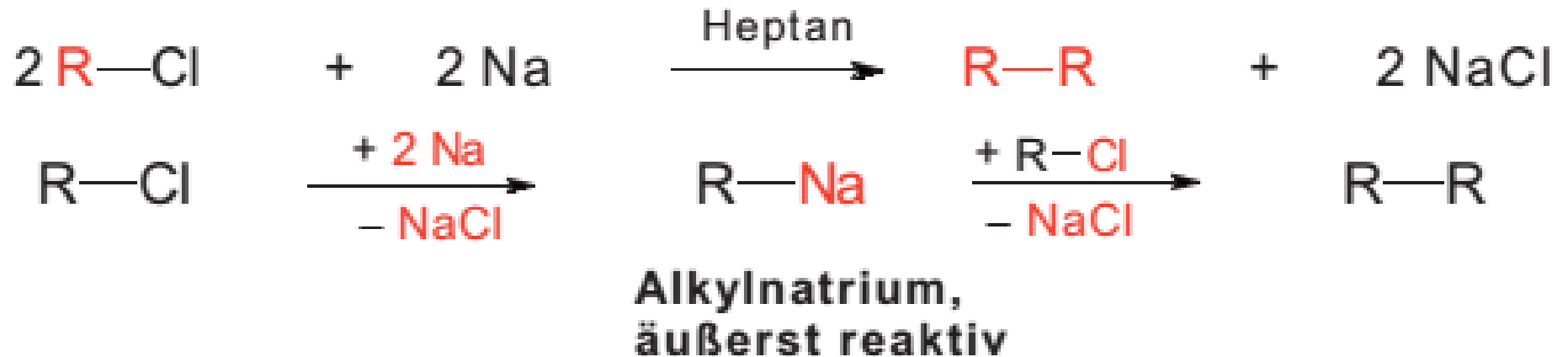


z.B. Natrium-4-(5-Dodecyl)benzolsulfonat (ein *Tensid*):



Darstellung von Alkanen

- aus Erdgas oder Erdöl: Methan bis Pentan
- Aus Alkylhalogenid und Natrium (Wurtz-Reaktion)



Triebkraft der Reaktion ist die Bildung von Natriumhalogenid.

- Aus Natriumcarboxylat durch Elektrolyse nach Kolbe:



Kathode:



Anode:



An der negativ geladenen Elektrode (**Kathode**) entwickelt sich Wasserstoff, an der positiv geladenen Elektrode (**Anode**) bilden sich Carboxyl-Radikale, die rasch in CO_2 und Alkylnradikale R^\cdot zerfallen.

Verbrennung und Octanzahl

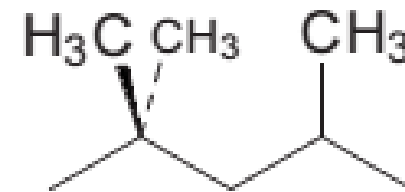
- Die Verbrennung eines Kohlenwasserstoffs ist eine komplizierte Radikalreaktion, bei der Kohlendioxid und Wasser entstehen:



„Klopfen“ des Motors - Dieses Klopfen erhöht den Benzinverbrauch und setzt außerdem die Lebensdauer des Motors herab. Die Klopfestigkeit wird durch die Octanzahl ausgedrückt. Klopfest dagegen sind verzweigte und aromatische Kohlenwasserstoffe:



Heptan:
Octanzahl = 0



2,2,4-Trimethylpentan:
Octanzahl = 100

“Isooctan”