

# Willkommen in der organischen Chemie !



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

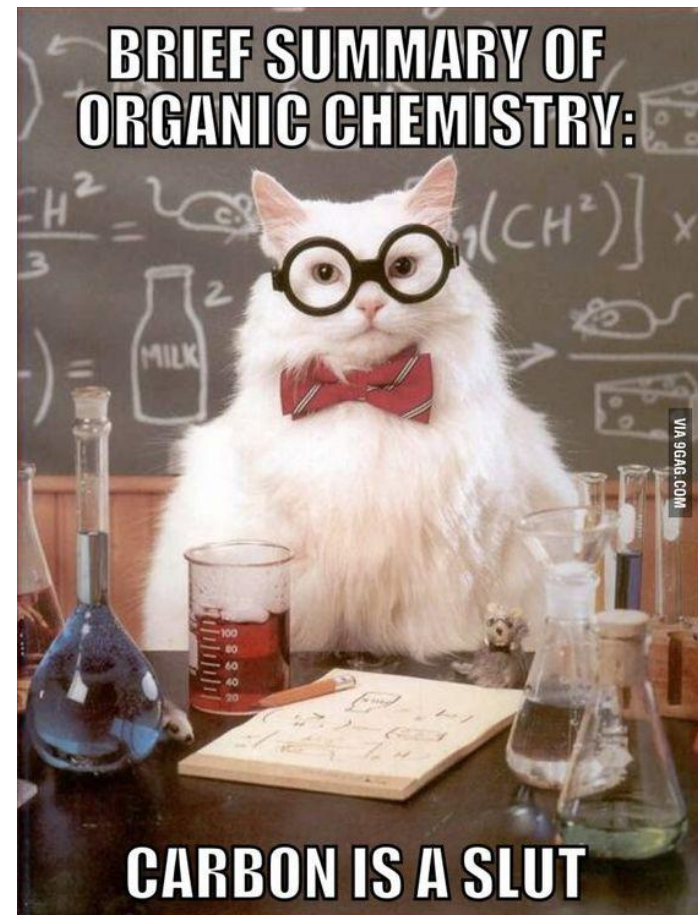
„Warum macht es das?“ - „Weil es' kann!“



„Wunderwelt OC“

„Alles kann! Nichts muss!“

„Klingt logisch, ist aber so!“



# Inhalt



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

- Definition und Kontext
- Die Chemie des Kohlenstoffs
- Die chemische Bindung in organischen Verbindungen
  - Hybridorbitalen
  - Bindungstypen (C-C, C=C, C≡C)
  - Konjugierte  $\pi$ -Systeme
- Funktionelle Gruppen und Stoffklassen
  - Kohlenwasserstoffe
    - Alkane / Alkene / Alkine
  - Veränderung der Moleküleigenschaften durch polare Substituenten
    - Polarität von Molekülen
    - Zwischenmolekulare Kräfte, Aggregatzustände, Löslichkeit
  - Funktionelle Gruppen und chemische Reaktivität
- Stereochemie
- Kunststoffe

# Literatur



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

- *Chemie*, Brown / LeMay / Bursten
  - Pearson Verlag, ISBN: 3-8273-7191-0
- *Basisbuch Organische Chemie*, Carsten Schmuck
  - Pearson Verlag, ISBN: 978-3-86894-061-9

# Organische Chemie



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

- Definition

*Teilgebiet der Chemie, das sich mit Aufbau, Herstellung und Eigenschaften von Verbindungen des Kohlenstoffs beschäftigt*

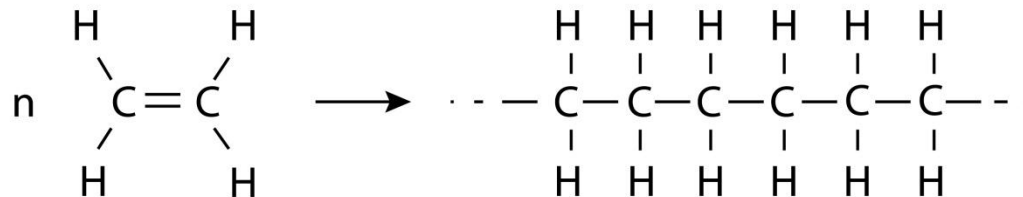
Ohne Kohlenstoff, kein Leben auf Erde

Warum C?

4. häufigstes Element, nach H, (He) und O  
4te Hpt-Gruppe => 4 Valenzelektronen!



- Warum C?
  - Einziges Element der periodische Tabelle der chemischen stabile Bindungen nicht nur mit andere Elemente, sondern auch in großer Zahl mit sich selbst ausbilden kann



Ethen

Polyethen



## Hier mal ein paar einfache Grundregeln:

- 1) Positiv und negativ ziehen sich an!
- 2) Es gibt keinen 5-bindigen Kohlenstoff!
- 3) Elektronen können wandern aber NICHT zaubern!

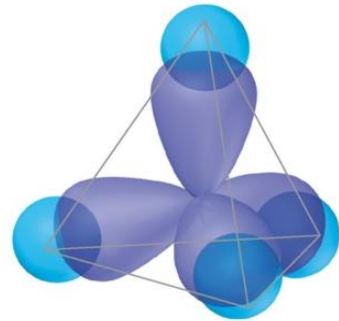
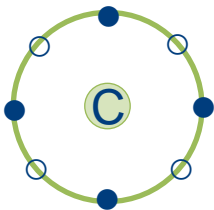
# Steckbrief : Kohlenstoff



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Elektronenkonfiguration :  
[He] , 2s<sup>2</sup>, 2p<sup>2</sup>  
= 1s<sup>2</sup>, 2s<sup>2</sup>, 2p<sup>2</sup>

→ 4 Valenzelektronen !



Atomgewicht →

Ordnungszahl

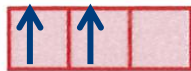
Symbol

<b>6</b>	<b>C</b>
Kohlenstoff	
12,011	
2/4	
<b>2,5</b>	

Elektronegativität



2s

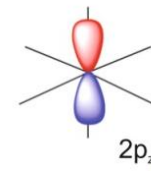
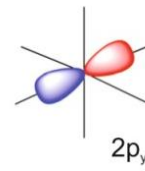
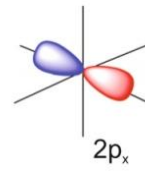
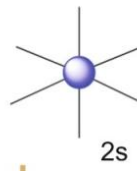


2p



1s

Atomorbitale am C-Atom

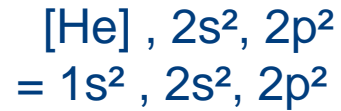


# Steckbrief : Kohlenstoff



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Elektronenkonfiguration :



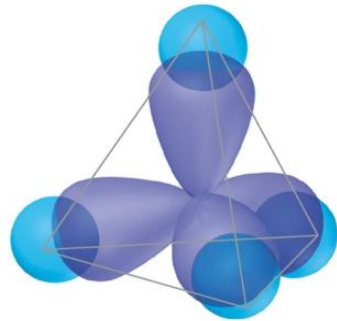
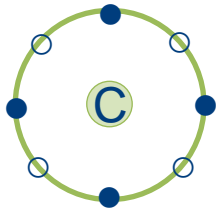
Oktett Regel!



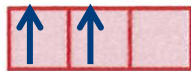
Elektronenkonfiguration :



→ 4 Valenzelektronen !



2s

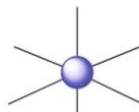


2p

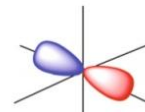


1s

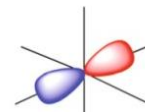
Atomorbitale am C-Atom



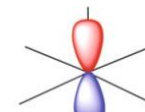
2s



2p<sub>x</sub>



2p<sub>y</sub>



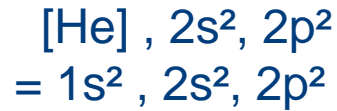
2p<sub>z</sub>

# Steckbrief : Kohlenstoff



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

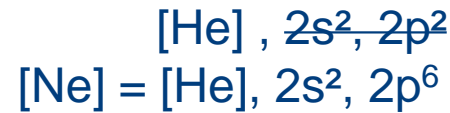
Elektronenkonfiguration :



Oktett Regel!



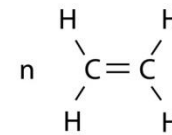
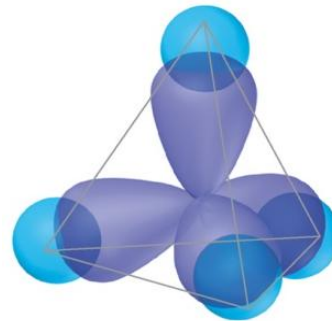
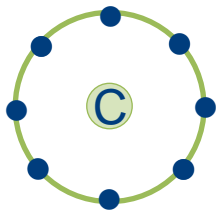
Elektronenkonfiguration :



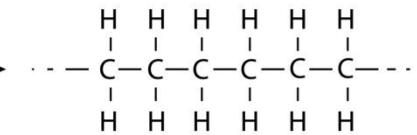
Stabile Bindungen  
mit sich selbst !

→ 4 Valenzelektronen !

→ +/- 4 Valenzelektronen !



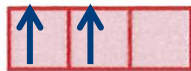
Ethen



Polyethen



2s

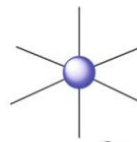


2p

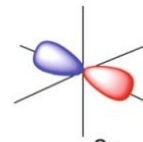


1s

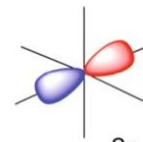
Atomorbitale am C-Atom



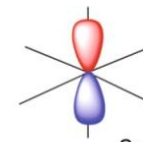
2s



2p<sub>x</sub>



2p<sub>y</sub>

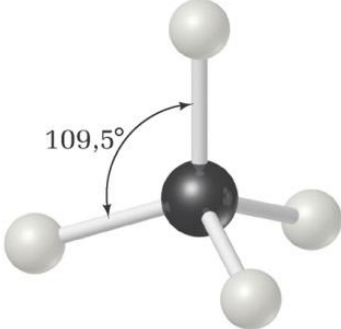
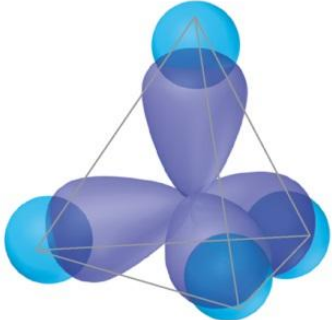
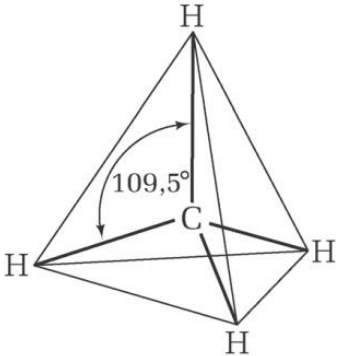


2p<sub>z</sub>

# Alkane: C – C Einfachbindungen

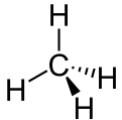
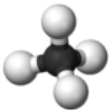


Technische Hochschule  
Georg Agricola

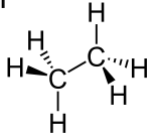
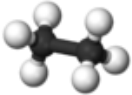


Darstellungen der dreidimensionalen Bindungsanordnung um das Kohlenstoffatom in Methan.

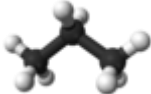
1. Methan



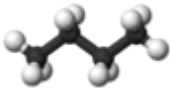
2. Ethan



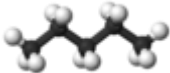
3. Propan



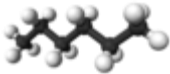
4. Butan



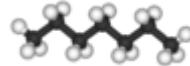
5. Pentan



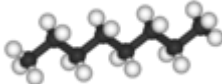
6. Hexan



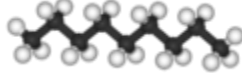
7. Heptan



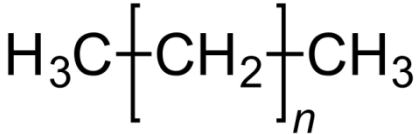
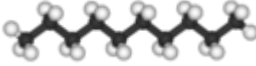
8. Octan



9. Nonan



10. Decan

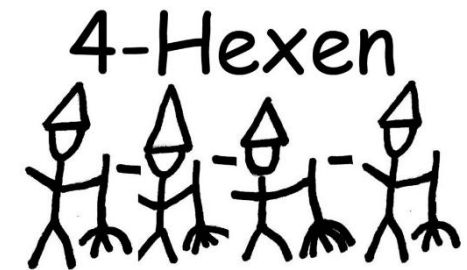
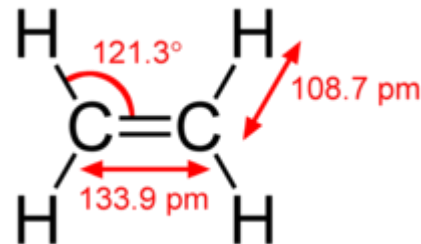
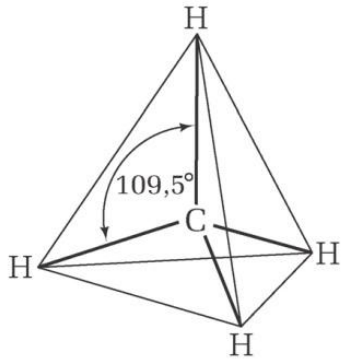


(n) davor bedeutet linear

# Alkene: C = C Zweifachbindungen

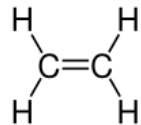


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



1. Methan -> Methen

2. Ethan -> Ethen



3. Propan -> Propen

4. Butan -> Buten

5. Pentan -> Penten

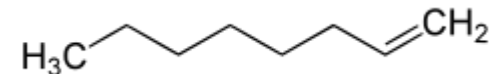
6. Hexan -> Hexen

7. Heptan -> Hepten

8. Octan -> Octen

9. Nonan -> Nonen

10. Decan -> Decen

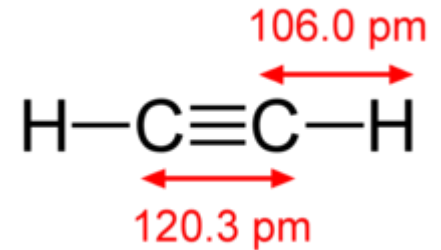
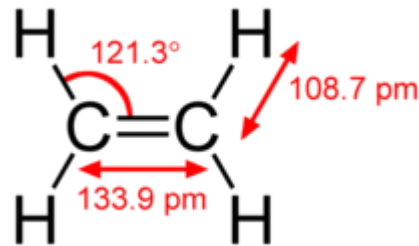
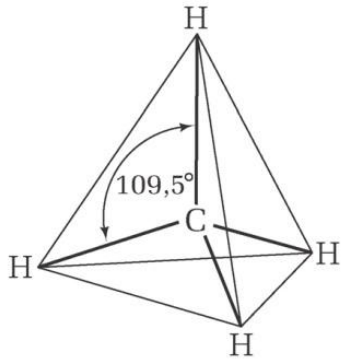


(n) davor bedeutet linear, die Zahl gibt die Position an

# Alkine: $C \equiv C$ Dreifachbindungen



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



1. Methan -> Methen

2. Ethan -> Ethin  $H-C \equiv C-H$

3. Propan -> Propin

4. Butan -> Butin

5. Pentan -> Pentin

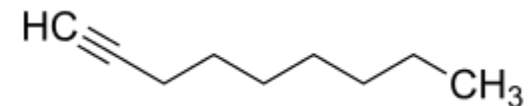
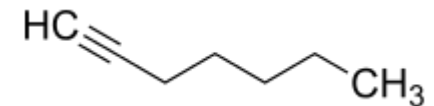
6. Hexan -> Hexin

7. Heptan -> Heptin

8. Octan -> Octin

9. Nonan -> Nonin

10. Decan -> Decin

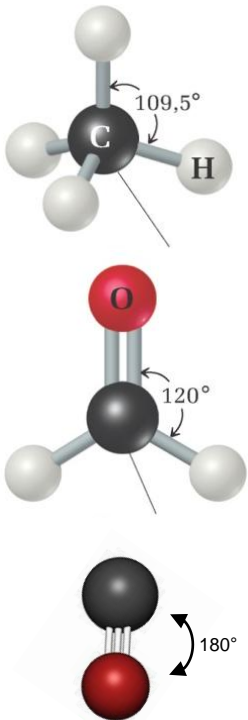



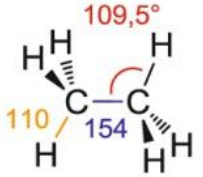

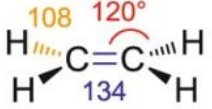
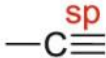
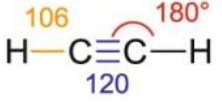
(n) davor bedeutet linear

# Hybridisierung von C-Atomen



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



Hybridisierung	Bindungstyp	Bindungsgeometrie	Beispiel
$sp^3$	gesättigtes C-Atom mit vier Einfachbindungen 	tetragonal ( $109,5^\circ$ )	
$sp^2$	C-Atom mit einer Doppelbindung 	trigonal-planar ( $120^\circ$ )	
$sp$	C-Atom mit einer Dreifachbindung 	linear ( $180^\circ$ )	

**Die Konfiguration des C-Atoms beeinflusst die dreidimensionale Struktur organischer Verbindungen**

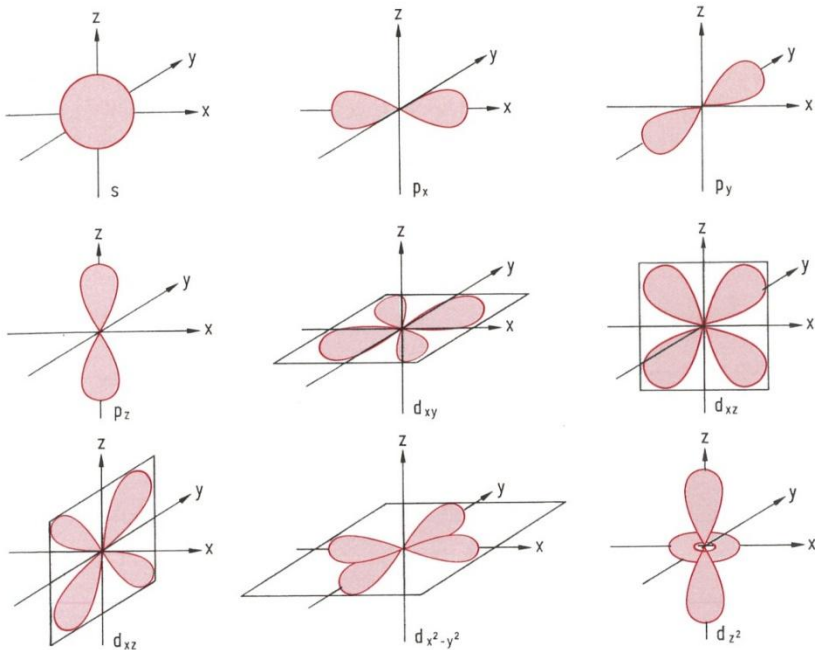
**Tabelle 1.1:** Übersicht über Hybridisierung und Struktur von C-Atomen. Bindungslängen sind in pm ( $= 10^{-12}$  m) angegeben.

# Von Atomorbitalen zu Molekülorbitalen

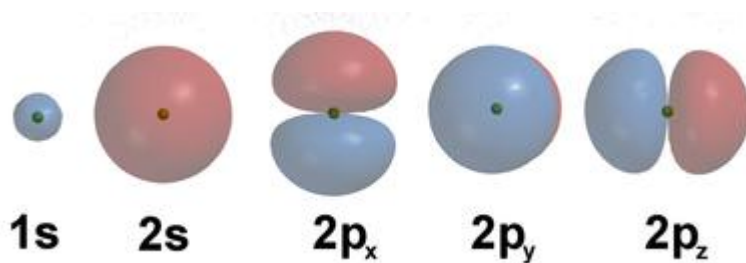
## AO $\rightarrow$ MO



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



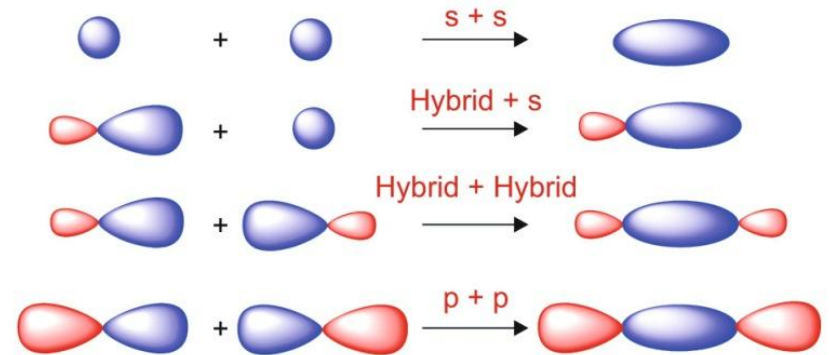
Atomorbitale



## Molekülorbitale

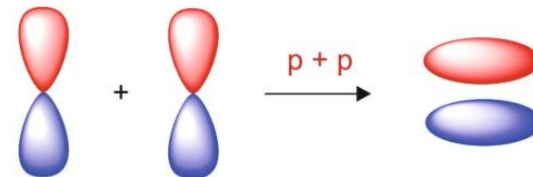
$\sigma$ -Bindungen

Überlappung von Orbitalen entlang der Bindungsachse



$\pi$ -Bindung

Überlappung von Orbitalen senkrecht zur Bindungsachse



# Von Atomorbitalen zu Molekülorbitalen

## AO -> MO

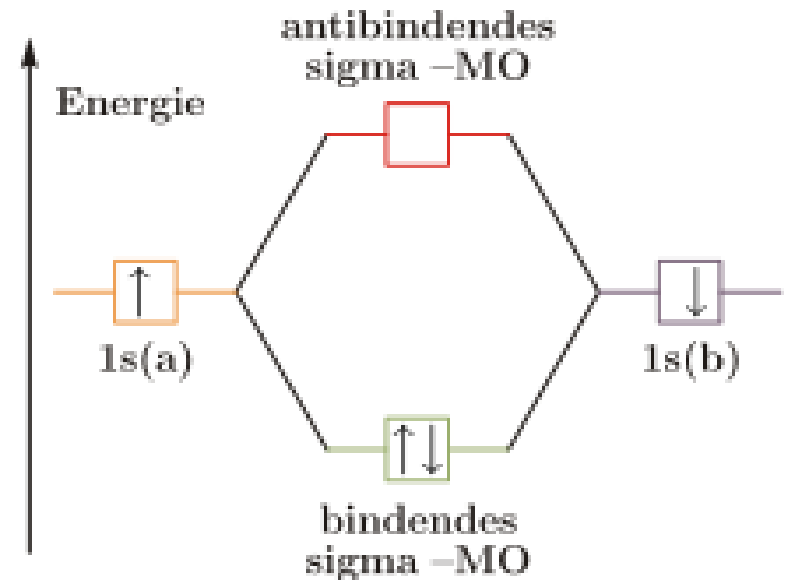
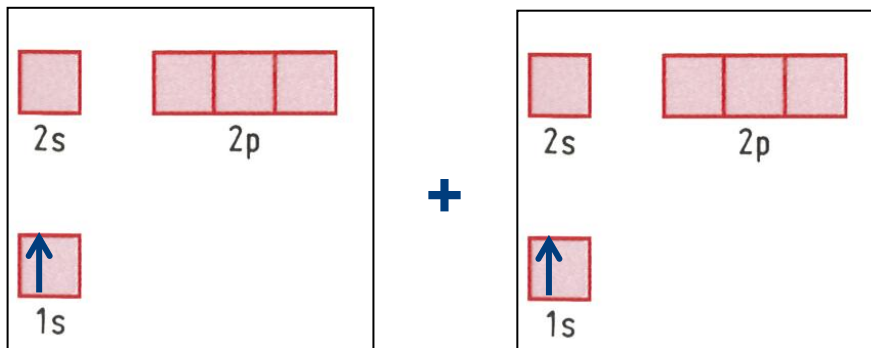


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Beispiel Wasserstoffgas (H<sub>2</sub>)

<b>1</b>	<b>H</b>
Wasserstoff	
1,0079	
1	
	<b>2,1</b>

σ-Bindungen  
Überlappung von Orbitalen entlang der Bindungsachse



**σ - Bindung !**

# Von Atomorbitalen zu Molekülorbitalen

## AO -> MO

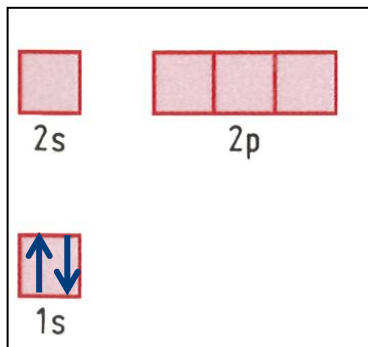


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

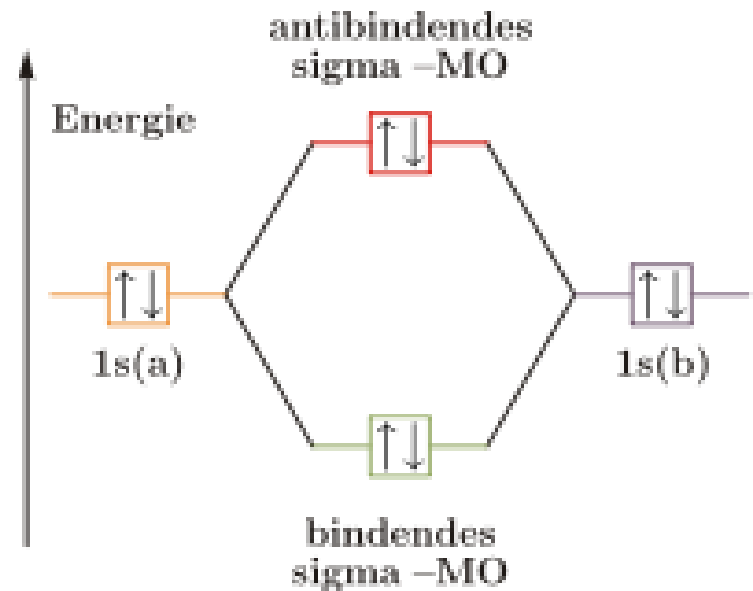
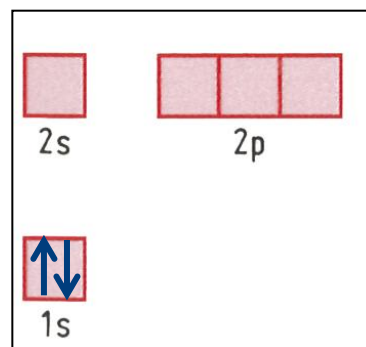
### Beispiel Helium

<b>2</b>	<b>He</b>
Helium	
4,0026	
2	

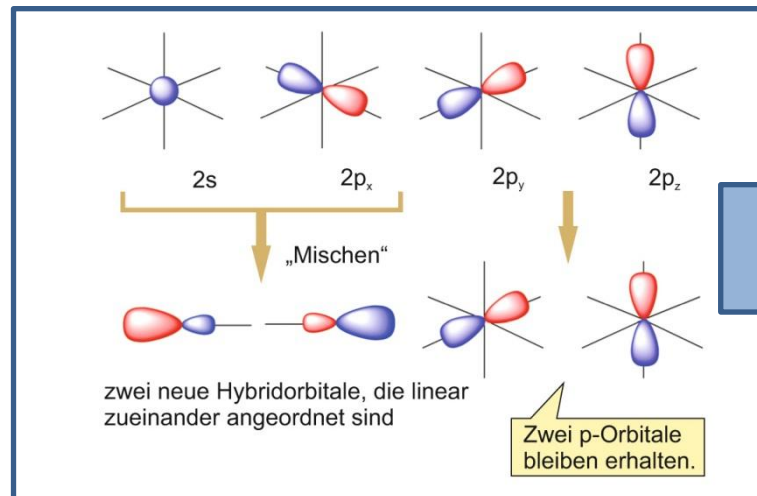
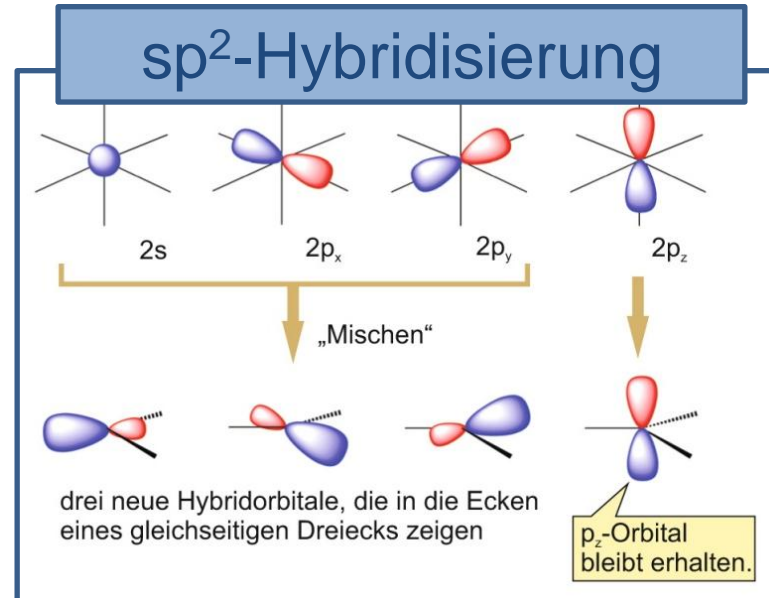
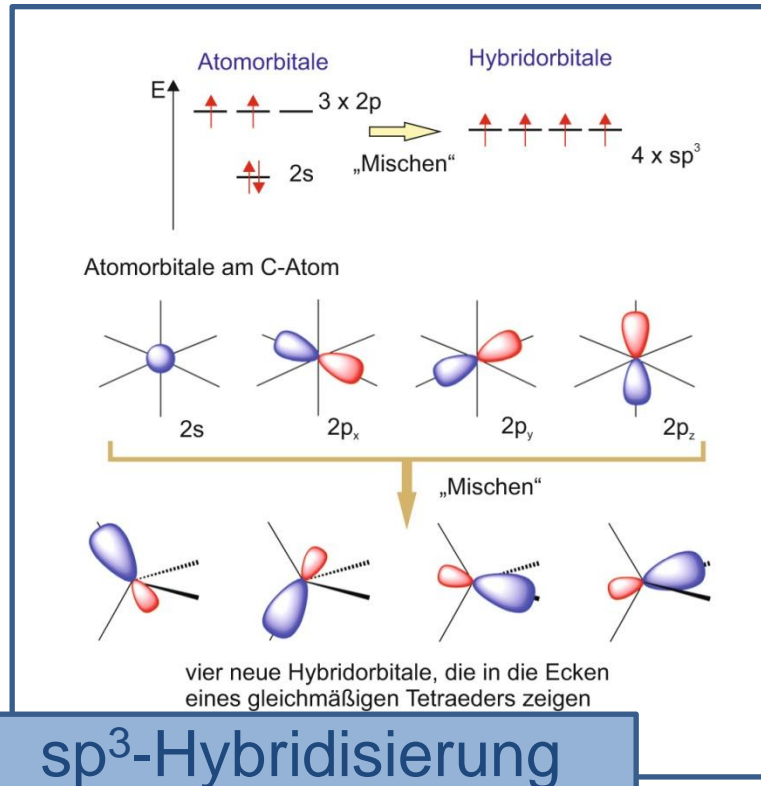
$\sigma$ -Bindungen  
Überlappung von Orbitalen entlang der Bindungsachse



+



**Keine Bindung !**



# Doppelbindungen:

Beschreibung des **Ethens** mit lokalisierten **Hybridorbitalen**: Bildung von  $sp^2$ -Hybridorbitalen

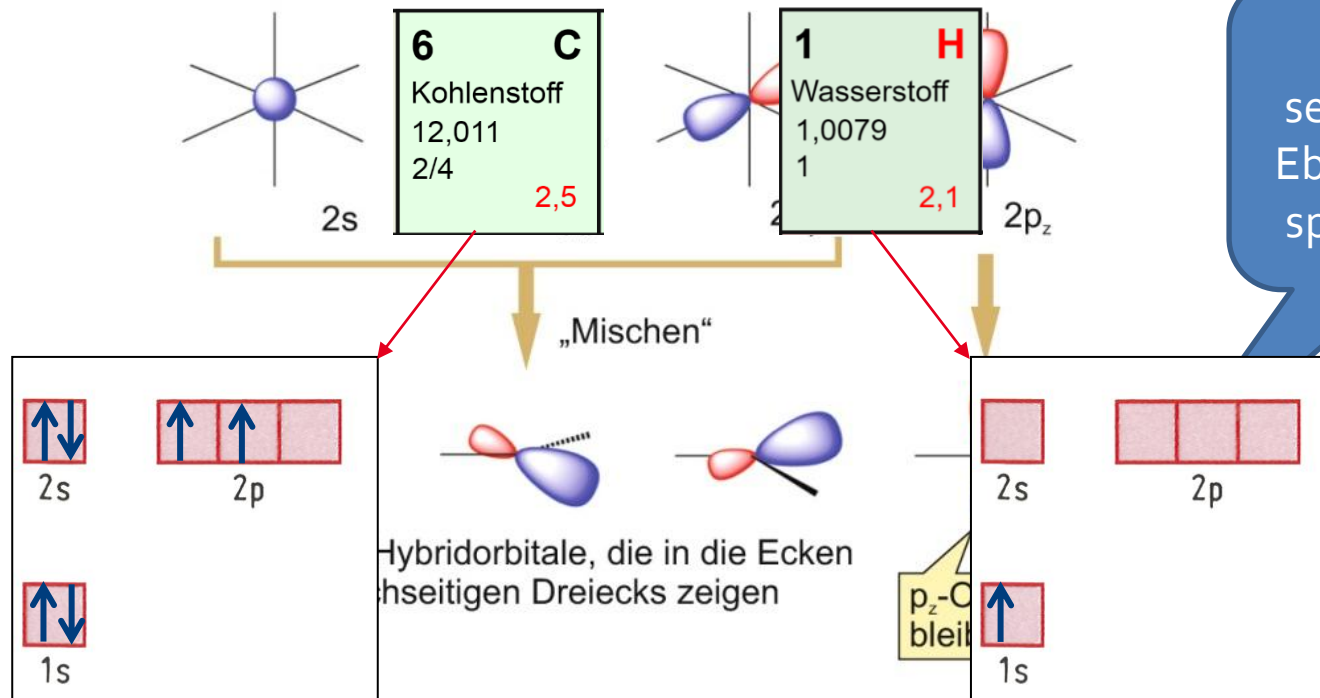
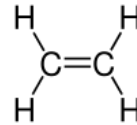


Technische Hochschule  
Georg Agricola

Elektronenkonfiguration:

C: [He],  $2s^2, 2p^2$   
=  $1s^2, 2s^2, 2p^2$

H:  $1s^2$



Steht senkrecht zur Ebene der drei  $sp^2$ -Orbitalen

**Abbildung 1.10: Bildung von  $sp^2$ -Hybridorbitalen.** Ein s- und zwei p-Orbitale können hybridisieren und drei äquivalente  $sp^2$ -Hybridorbitale bilden, deren große Lappen in die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks zeigen. Das nicht zur Hybridisierung genutzte p-Orbital (üblicherweise als  $p_z$ -Orbital bezeichnet) bleibt unverändert erhalten.

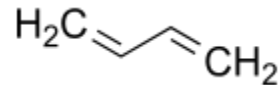
# Von Atomorbitalen zu Molekülorbitalen

## AO $\rightarrow$ MO



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Beispiel 1,3-Butadien ( $C_4H_6$ )

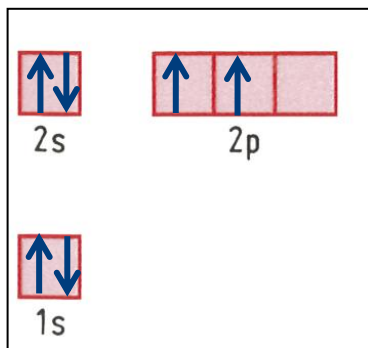


<b>1</b>	<b>H</b>
Wasserstoff	
1,0079	
1	
	<b>2,1</b>

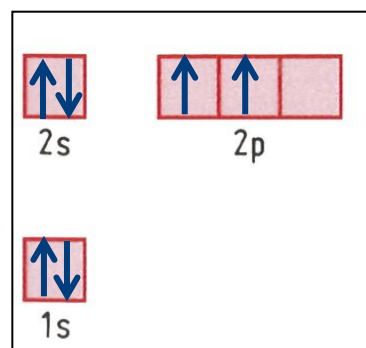
<b>6</b>	<b>C</b>
Kohlenstoff	
12,011	
2/4	
	<b>2,5</b>

Elektronenkonfiguration:

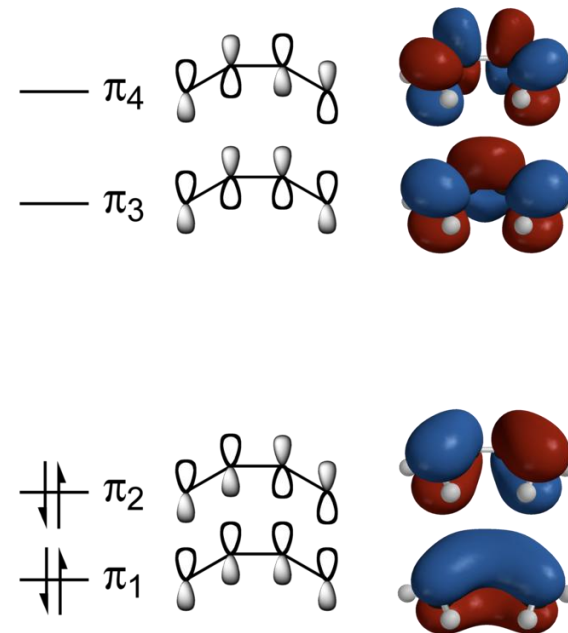
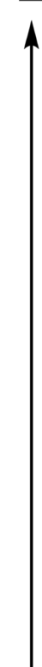
C: [He],  $2s^2, 2p^2$     H:  $1s^2$   
 =  $1s^2, 2s^2, 2p^2$



+



E



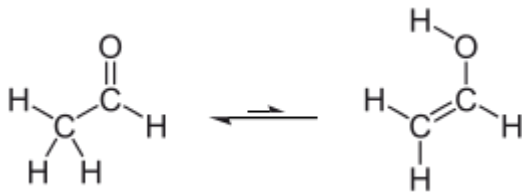
# Konjugierte $\pi$ -Systeme



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

- Tautomerie
- Mesomerie

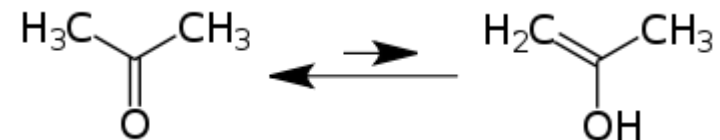
## Keto-Enol-Tautomerie Ethanal & Ethenol



## Keto-Enol-Tautomerie Pentan-2,4-dion

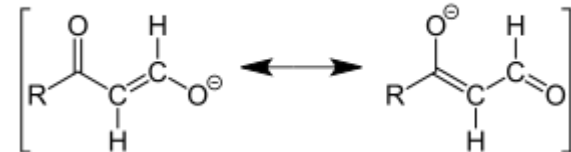


## Keto-Enol-Tautomerie Aceton

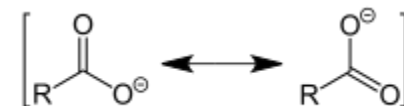


## Mesomerie

### Vinyloges Carboxylat-Anion



## Mesomerie Carboxylat-Anion



## Erinnerung an die 3 Regeln ...



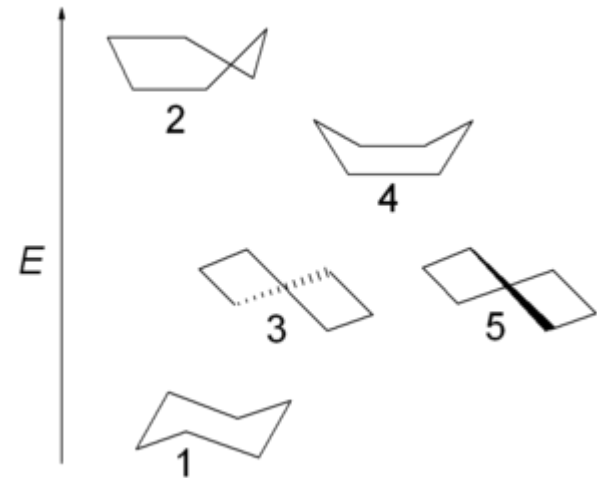
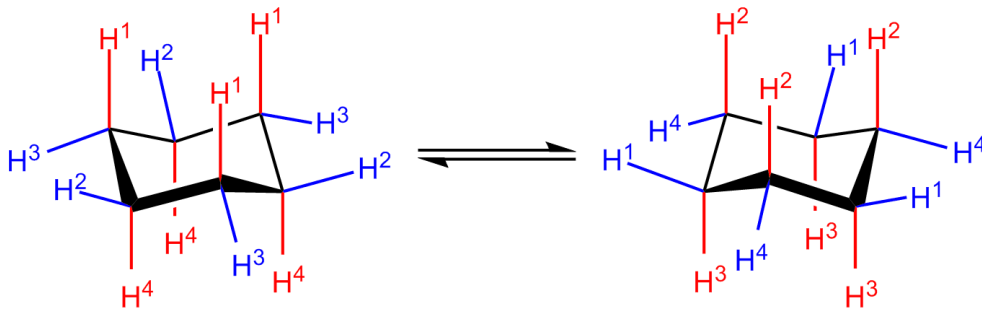
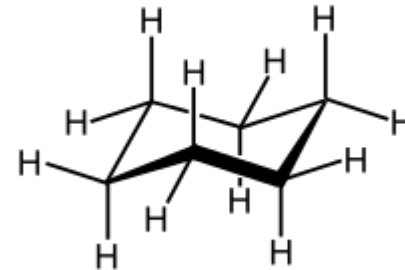
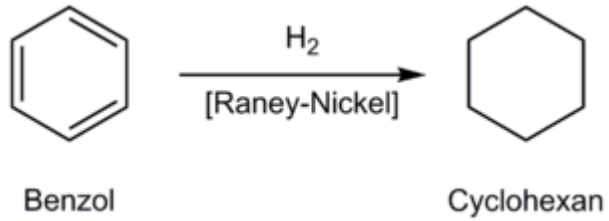
Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

- 1) Positiv und negativ ziehen sich an !!!
- 2) Es gibt keinen 5-bindigen Kohlenstoff !!!
- 3) Elektronen können wandern aber nicht zaubern !!!

# Benzol vs. Cyclohexan



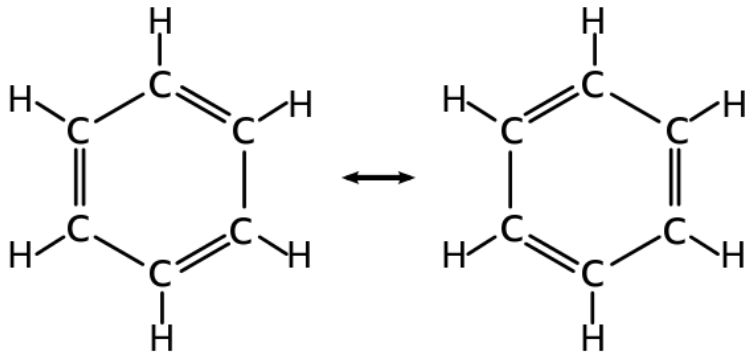
Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



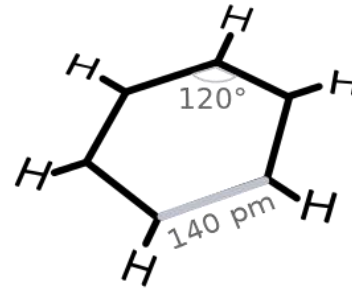
# Benzol vs. Cyclohexan



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



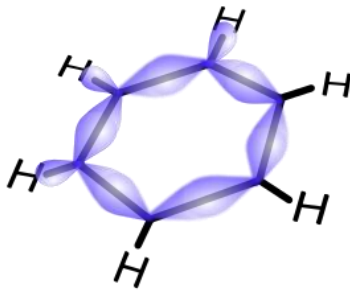
Benzol  
Kekulé-Strukturformel  
(Mesomerie)



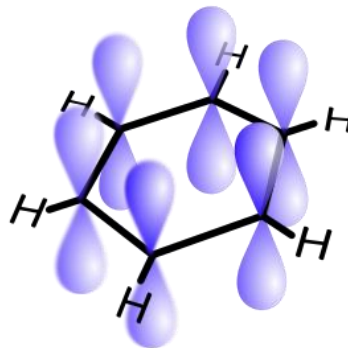
Benzol  
planares Hexagon  
Kantenlänge 140 pm



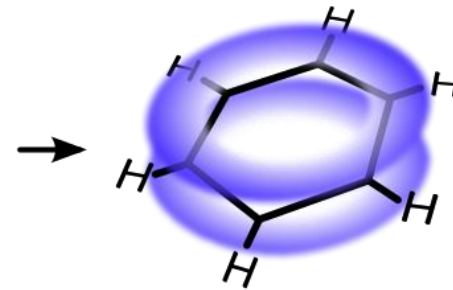
Benzol  
Darstellung der  
Aromatizität



Benzol  
 $\sigma$ -Bindungen mit hybridisierten  $sp^2$ -Orbitalen



Benzol  
6  $p_z$ -Orbitale



Benzol  
delokalisierte  
 $\pi$ -Orbitalwolke

# Funktionelle Gruppen

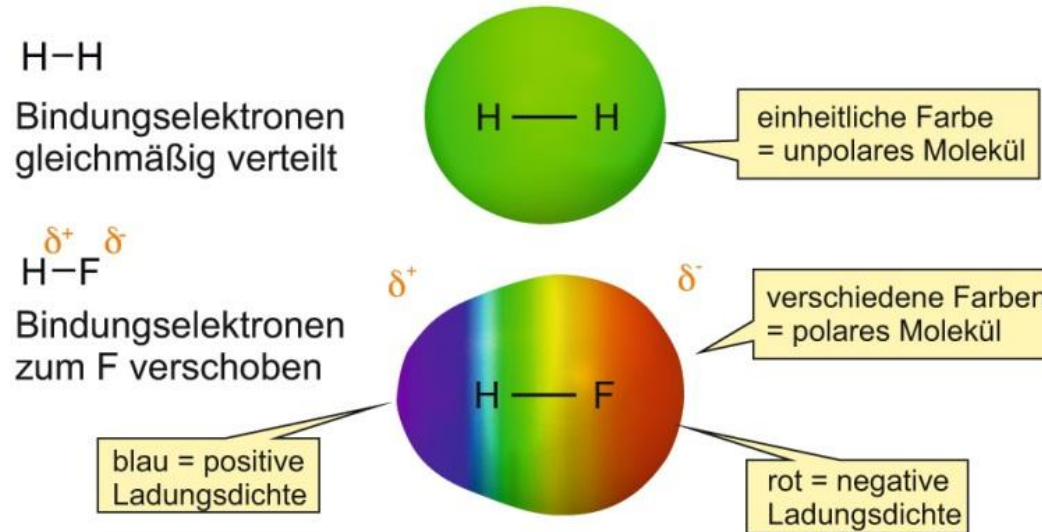


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

# Elektronegativität



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

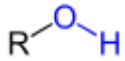


Die Elektronegativität **eines Atoms** ist umso größer, je weniger Elektronen auf einer vollen Außenschale fehlen

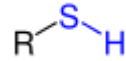
# Funktionelle Gruppen



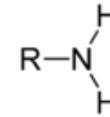
Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



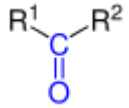
Alkohole und Phenole



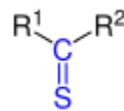
Thiole



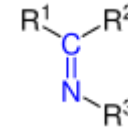
Amine



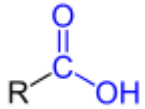
Ketone



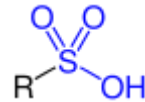
Thioketone



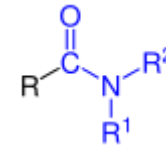
Imine



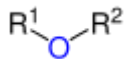
Carbonsäuren



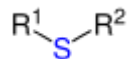
Sulfonsäuren



Carbonsäureamide



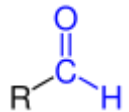
Ether



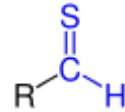
Thioether



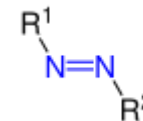
Nitrile



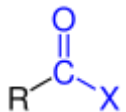
Aldehyde



Thioaldehyde



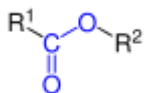
Azoverbindungen



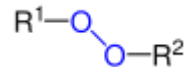
Carbonsäurehalogenide



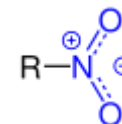
Halogenkohlenwasserstoffe



Carbonsäureester



Peroxide



Nitroverbindungen

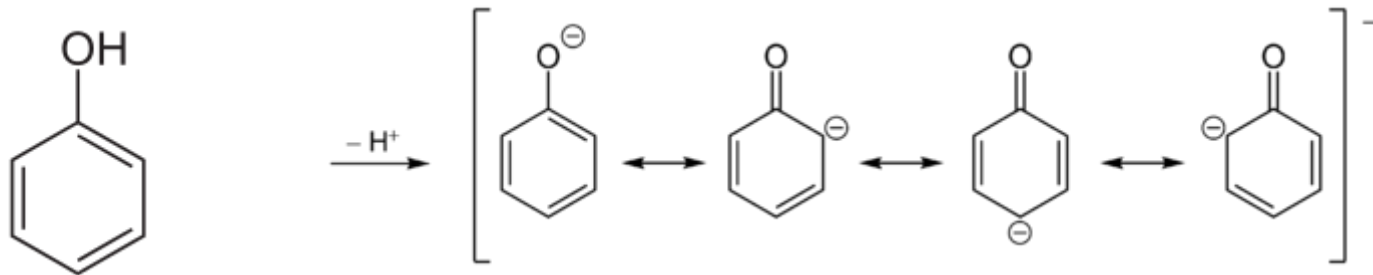
# Funktionelle Gruppen



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

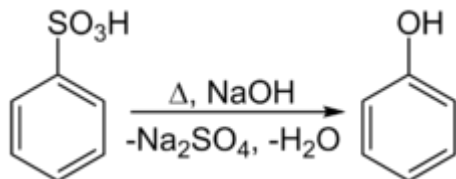
Beispiel Phenol

Mesomerie

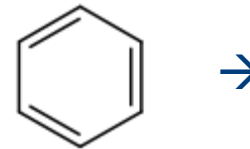


Reaktivität

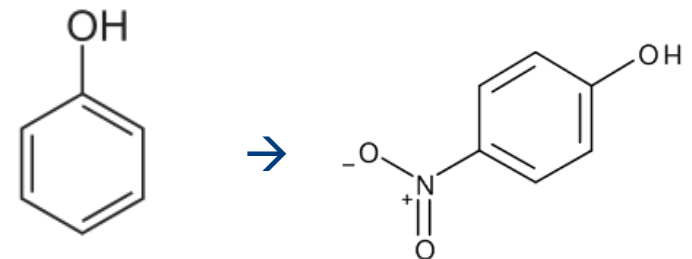
- Abhängig von der funktionellen Gruppe!



Benzol +  $[\text{NO}_2]^+$   $\rightarrow$  Nichts



Phenol +  $[\text{NO}_2]^+$   $\rightarrow$  4-Nitrophenol



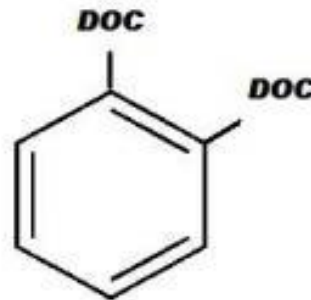
# Funktionelle Gruppen



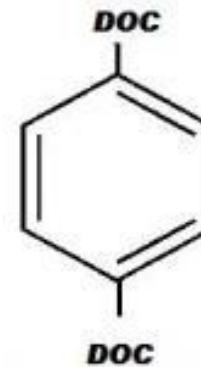
Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Und ihr Einfluss auf die Reaktivität...  
... ein kleiner Ausblick!

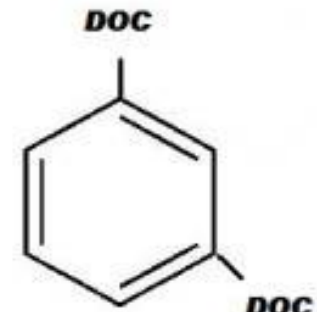
- Elektrophile / Nucleophile Addition (E1/E2)
- Elektrophile / Nucleophile Substitution (S1/S2)
- +/- I-Effekt
- +/- M-Effekt
- Ortho-, Para, Methastellung
- $\alpha, \beta, \gamma$  – Addition
- Ringöffnung / Ringschließung
- Armomatizität!!!!
- u.S.W...



**Orthodox**



**Paradox**



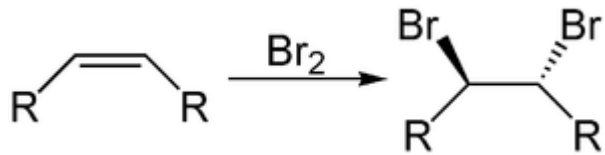
**Metaphysicians**

# Elektrophile Addition

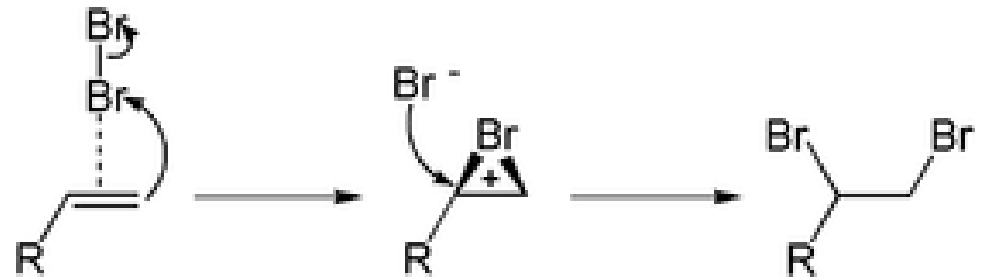


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

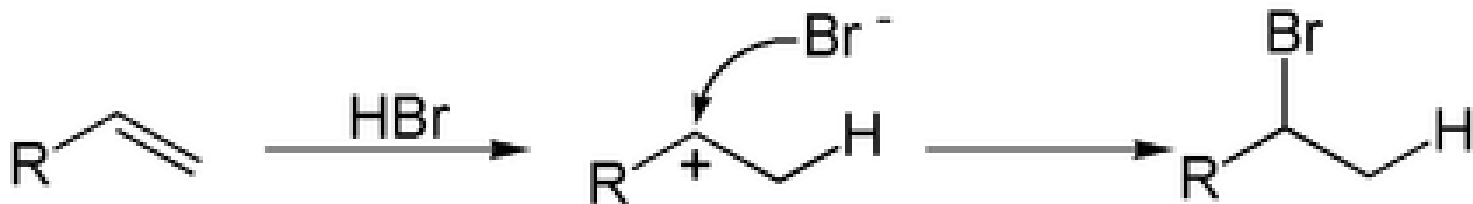
1



2



3

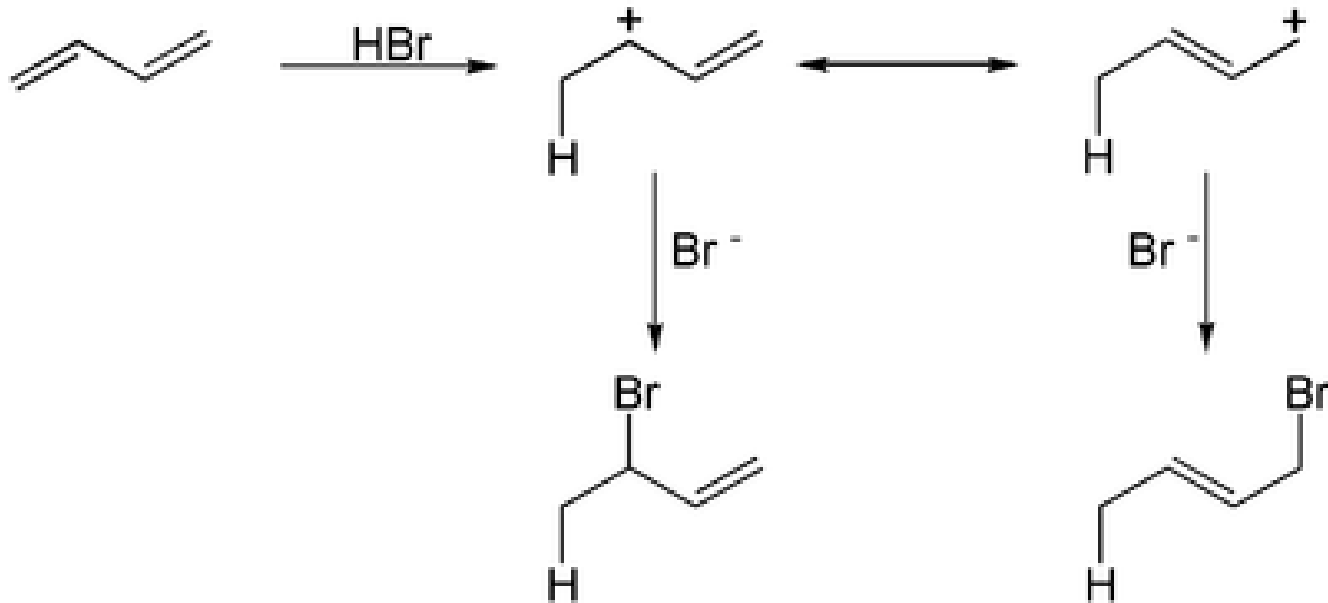
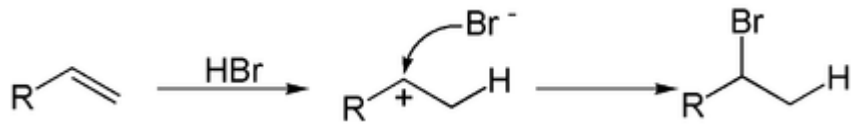


# Elektrophile Addition



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

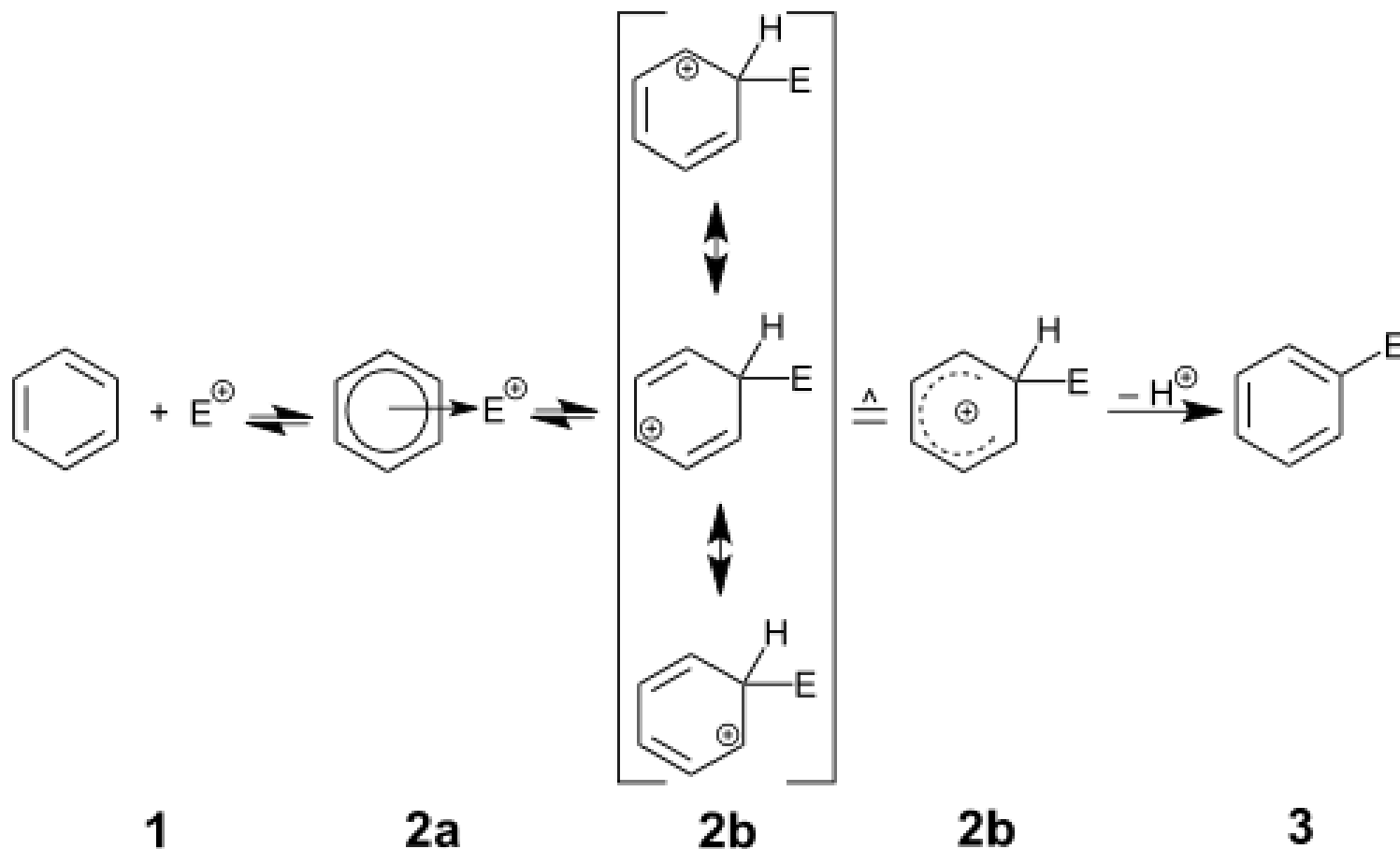
-  $\alpha, \beta, \gamma$  – Addition



# Elektrophile Substitution am Aromaten



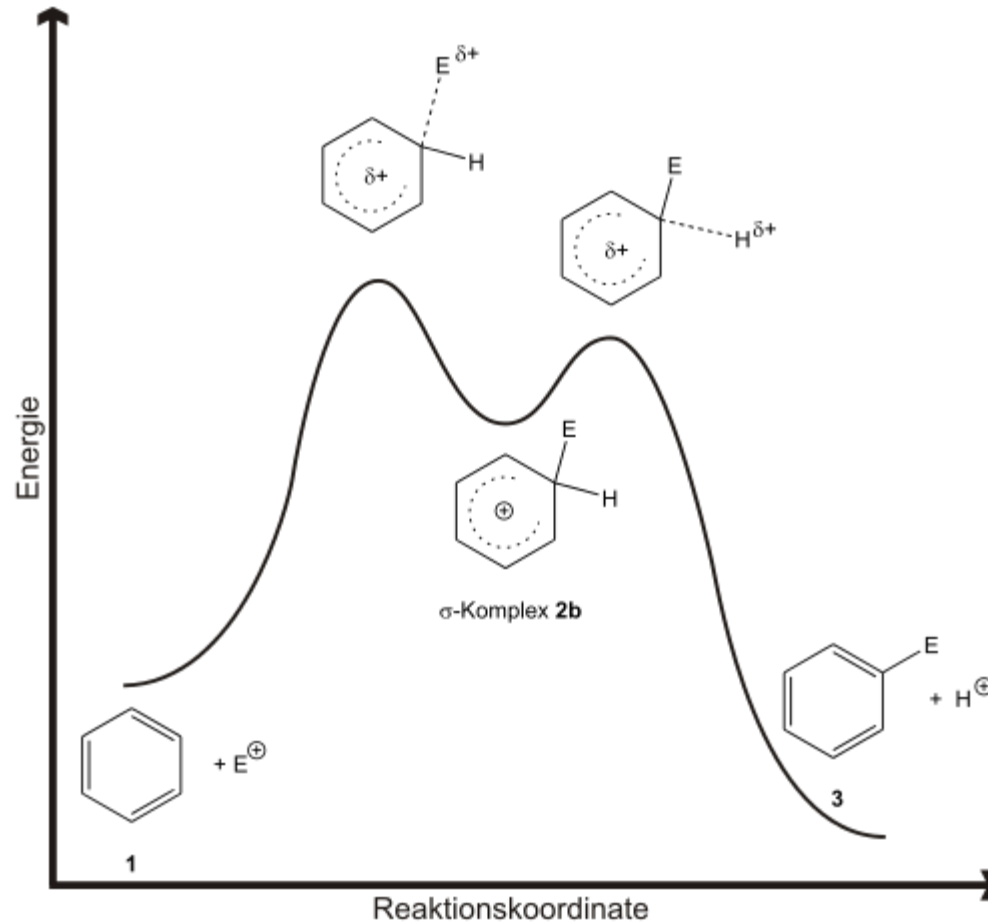
Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



# Elektrophile Substitution am Aromaten



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



# Zweitsubstitution am Aromaten



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

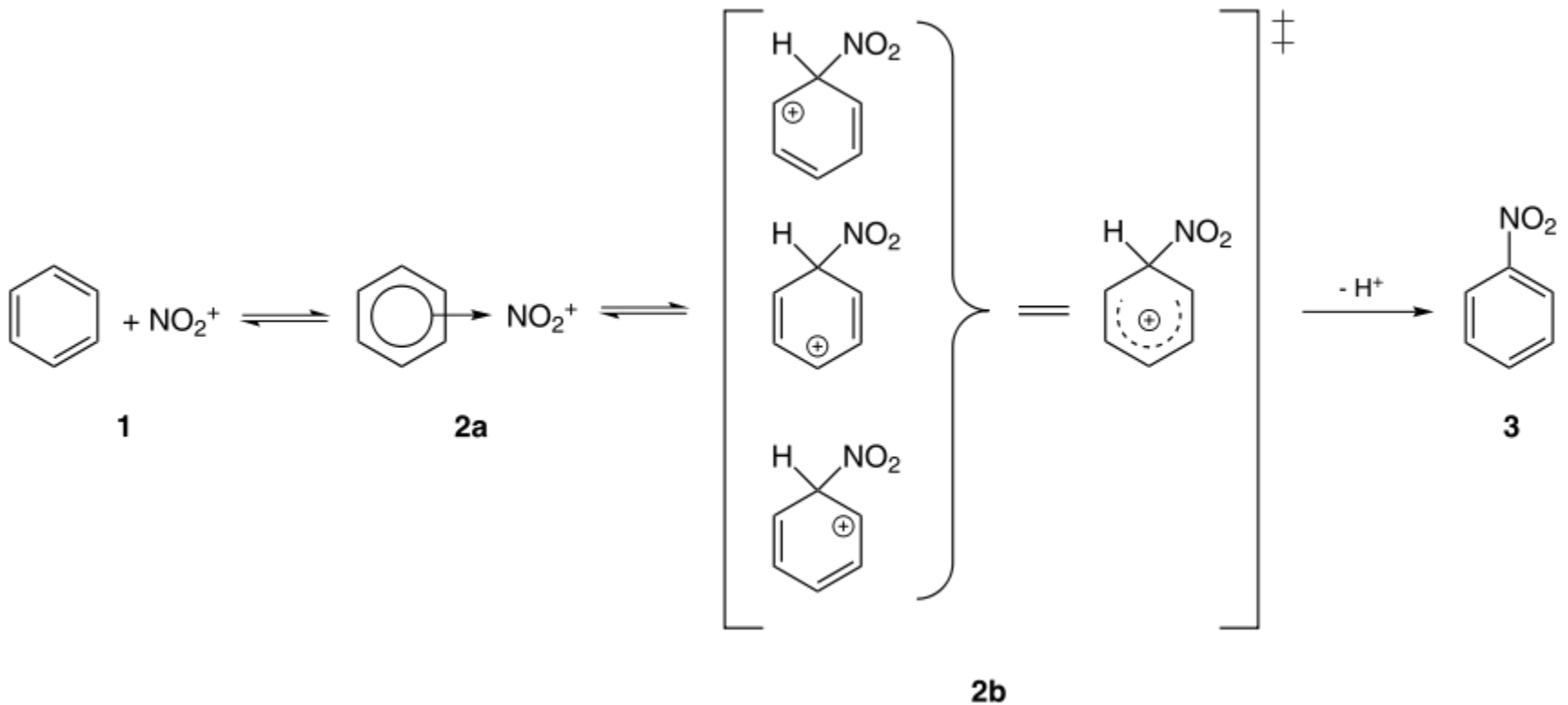
Erstsubstituent	<u>I-Effekt</u>	<u>M-Effekt</u>	Dirigierender Effekt
$-\text{O}^-$	+	+	<i>ortho / para</i>
$-\text{OH}, -\text{OR}, -\text{NH}_2, -\text{NR}_2$	-	+	<i>ortho / para</i>
Alkyl	+	/	<i>ortho / para</i>
$-\text{F}, -\text{Cl}, -\text{Br}, -\text{I}$	-	+	<i>ortho / para</i>
$-\text{COOH}, -\text{CN}, -\text{CONH}_2, -\text{NO}_2$	-	-	<i>meta</i>
$-\text{NR}_3^+$	-	-	<i>meta</i>

# Elektrophile Substitution am Aromaten



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## - Nitrierung von Benzol

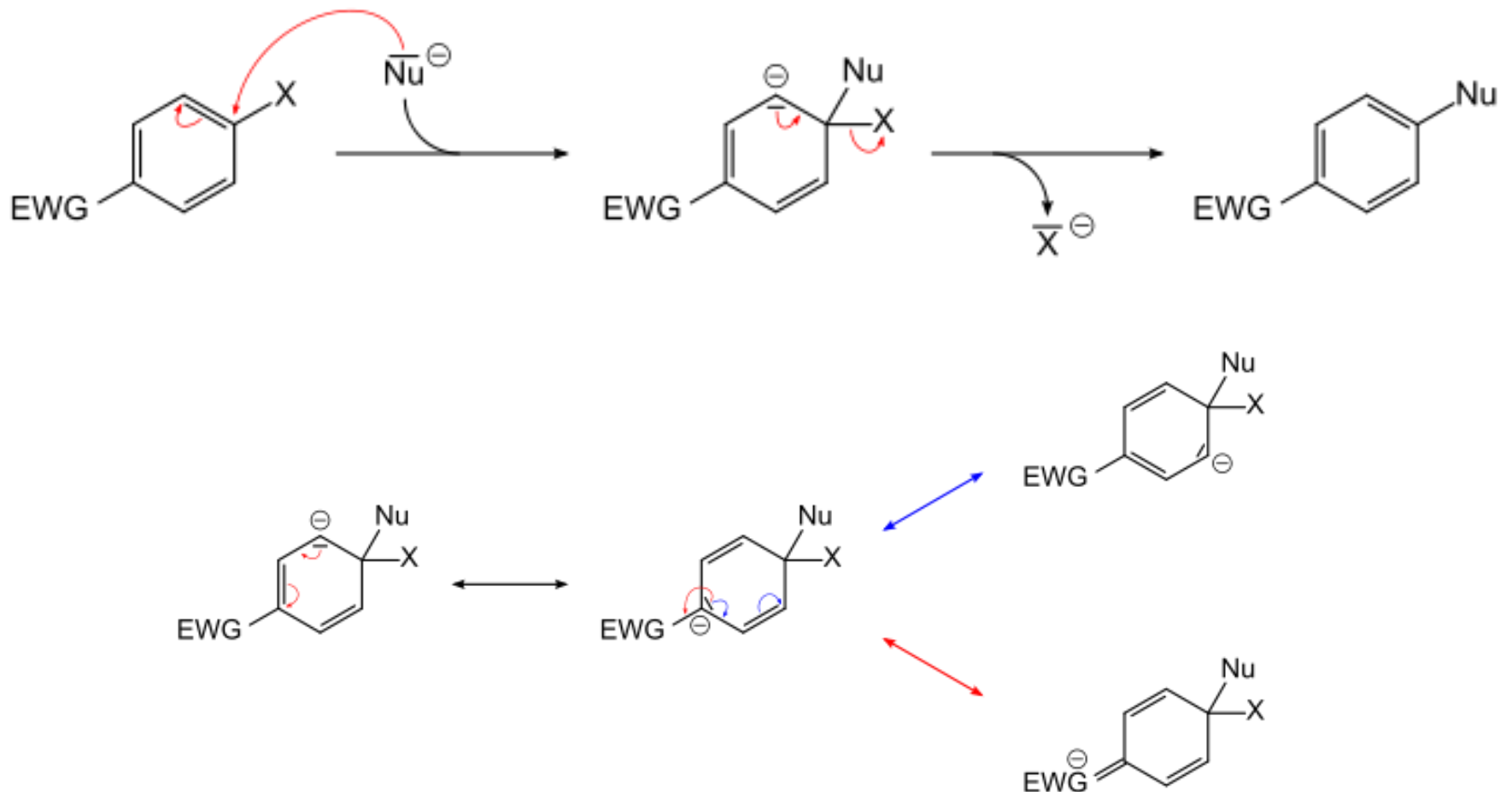


# Nucleophile Substitution am Aromaten



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Mechanismus: Addition - Eliminierung  
EWG = (-) M Effekt

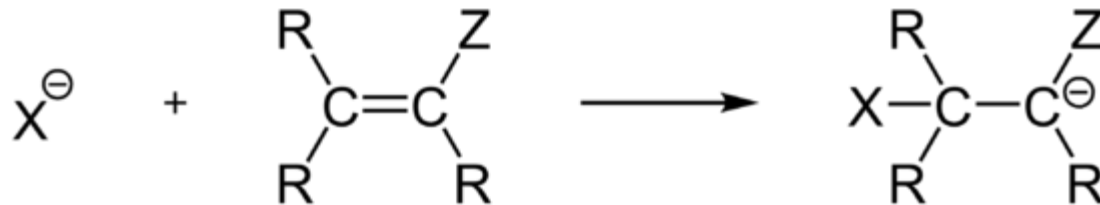


# Nukleophile Addition an C-C Mehrfachbindungen

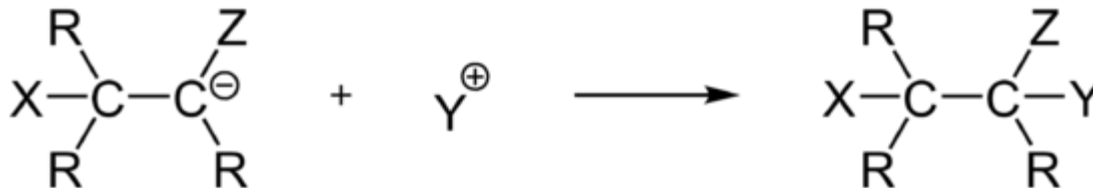


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## 1. Nukleophiler Angriff



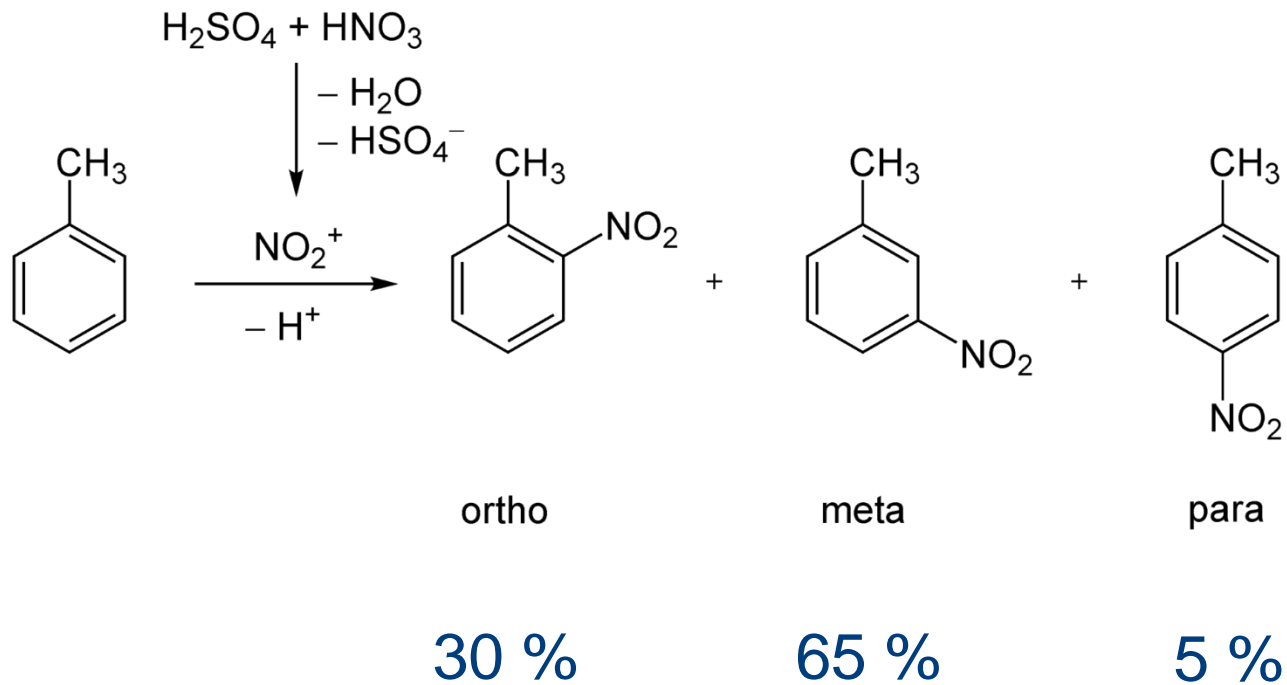
## 2. Carbanion reagiert mit einem Elektronenakzeptor



# Zweitsubstitution am Aromaten



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



# Willkommen in der organischen Chemie !



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

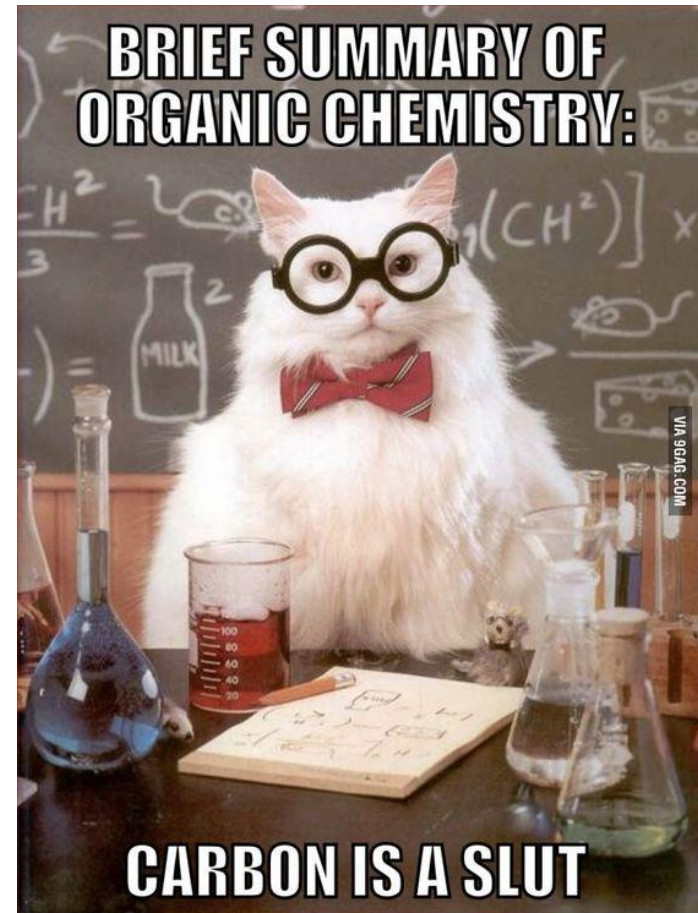
„Warum macht es das?“ - „Weil es' kann!“

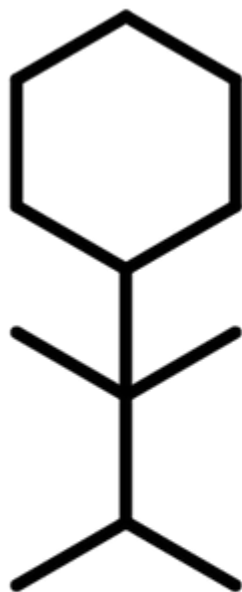


„Wunderwelt OC“

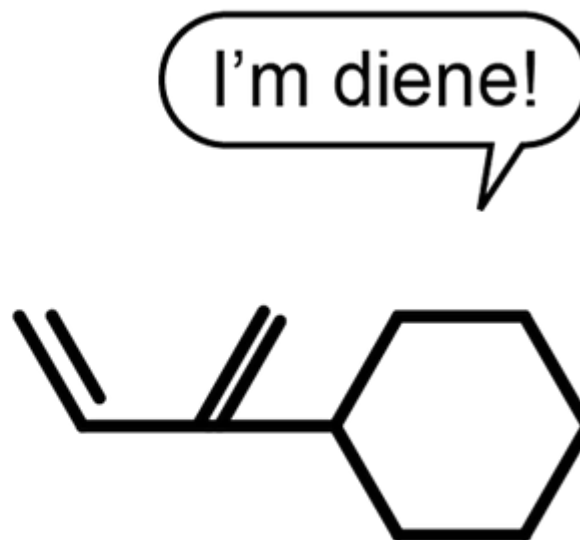
„Alles kann! Nichts muss!“

„Klingt logisch, ist aber so!“





Before Organic  
Exam



After Organic  
Exam

# Periodensystem der Elemente

1 1,008 2,2 - 252,9 - 259,1 <b>H</b> Wasserstoff 1s <sup>1</sup>																	2 4,003 - 268,9 - 272,2 <b>He</b> Helium 1s <sup>2</sup>																
3 6,941 1,0 1347 180,5 <b>Li</b> Lithium [He]2s <sup>1</sup>	4 9,012 1,5 2970 1278 <b>Be</b> Beryllium [He]2s <sup>2</sup>																	10 20,180 - 246,1 - 248,7 <b>Ne</b> Neon [He]2s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>															
11 22,990 1,0 883 97,8 <b>Na</b> Natrium [Ne]3s <sup>1</sup>	12 24,305 1,2 1107 651 <b>Mg</b> Magnesium [Ne]3s <sup>2</sup>	13 26,982 1,5 2467 660,4 <b>Al</b> Aluminium [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	14 28,086 1,7 2355 1410 <b>Si</b> Silicium [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	15 30,974 2,1 280(P4) 44(P4) <b>P</b> Phosphor [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	16 32,065 2,4 444 114,6 <b>S</b> Schwefel [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	17 35,453 2,8 - 34,6 - 101,0 <b>Cl</b> Chlor [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	18 39,948 - 185,7 - 189,2 <b>Ar</b> Argon [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>									19 39,10 0,9 774 63,7 <b>K</b> Kalium [Ar]4s <sup>1</sup>	20 40,08 1,0 1487 = 845 <b>Ca</b> Calcium [Ar]4s <sup>2</sup>	21 44,96 1,2 2832 1539 <b>Sc</b> Scandium [Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	22 47,87 1,3 3260 1675 <b>Ti</b> Titan [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	23 50,94 1,5 3380 1890 <b>V</b> Vanadium [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	24 52,00 1,6 2672 1857 <b>Cr</b> Chrom [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	25 54,94 1,6 2750 1535 <b>Mn</b> Mangan [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	26 55,85 1,6 2032 1244 <b>Fe</b> Eisen [Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	27 58,93 1,7 2870 1495 <b>Co</b> Cobalt [Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	28 58,69 1,8 2732 1453 <b>Ni</b> Nickel [Ar]3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	29 63,55 1,8 2595 1083 <b>Cu</b> Kupfer [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	30 65,41 1,7 907 419,6 <b>Zn</b> Zink [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	31 69,72 1,8 2403 29,8 <b>Ga</b> Gallium [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> p <sup>1</sup>	32 72,64 2,0 2830 937,4 <b>Ge</b> Germanium [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	33 74,92 2,2 subl. <b>As</b> Arsen [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	34 78,96 2,5 685 217 <b>Se</b> Selen [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	35 79,90 2,7 58,8 - 7,2 <b>Br</b> Brom [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	36 83,80 - 152,3 - 156,6 <b>Kr</b> Krypton [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>
37 85,47 0,9 888 38,9 <b>Rb</b> Rubidium [Kr]5s <sup>1</sup>	38 87,62 1,0 1384 769 <b>Sr</b> Strontium [Kr]5s <sup>2</sup>	39 88,91 1,1 3337 1523 <b>Y</b> Yttrium [Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	40 91,22 1,2 4377 1852 <b>Zr</b> Zirkon [Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	41 92,91 1,2 4927 2468 <b>Nb</b> Niob [Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>	42 95,94 1,3 4825 2610 <b>Mo</b> Molybdän [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	43 (98) 1,4 4880 2200 <b>Tc</b> Technetium [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	44 101,07 1,4 3900 2310 <b>Ru</b> Ruthenium [Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	45 102,91 1,5 = 3730 1966 <b>Rh</b> Rhodium [Kr]4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>	46 106,42 1,4 3140 1552 <b>Pd</b> Palladium [Kr]4d <sup>10</sup>	47 107,87 1,4 2212 962 <b>Ag</b> Silber [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>	48 112,41 1,5 765 320,9 <b>Cd</b> Cadmium [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	49 114,82 1,5 2080 156,6 <b>In</b> Indium [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	50 118,71 1,7 2270 231,9 <b>Sn</b> Zinn [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	51 121,76 1,8 1635 630,7 <b>Sb</b> Antimon [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	52 127,60 2,0 990 449,5 <b>Te</b> Tellur [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	53 126,90 2,2 184,4 113,5 <b>I</b> Iod [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	54 131,29 - 107 - 111,9 <b>Xe</b> Xenon [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>																
55 132,91 0,9 878 28,5 <b>Cs</b> Caesium [Xe]6s <sup>1</sup>	56 137,33 1,0 1640 725 <b>Ba</b> Barium [Xe]6s <sup>2</sup>	57 138,91 1,1 3454 920 <b>La</b> Lanthan [Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	72 178,49 1,2 5200 2230 <b>Hf</b> Hafnium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	73 180,95 1,3 = 5430 2996 <b>Ta</b> Tantal [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	74 183,84 1,4 5657 3410 <b>W</b> Wolfram [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	75 186,21 1,5 = 5030 3045 <b>Re</b> Rhenium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	76 190,23 1,5 = 5030 3045 <b>Os</b> Osmium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	77 192,22 1,6 4190 2410 <b>Ir</b> Iridium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	78 195,08 1,4 = 3830 1772 <b>Pt</b> Platin [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup>	79 196,97 1,4 2810 1064 <b>Au</b> Gold [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup>	80 200,59 1,4 356,6 - 38,9 <b>Hg</b> Quecksilber [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	81 204,38 1,4 1457 303,5 <b>Tl</b> Thallium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	82 207,2 1,6 1740 327,5 <b>Pb</b> Blei [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	83 208,98 1,7 1590 271,3 <b>Bi</b> Bismut [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	84 (209) 1,8 962 254 <b>Po</b> Polonium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	85 (210) 2,0 340 300 <b>At</b> Astat [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	86 (222) - 61,8 - 71,2 <b>Rn</b> Radon [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>																
87 (223) 0,9 677 26,8 <b>Fr</b> Francium [Rn]7s <sup>1</sup>	88 (226) 1,0 1140 700 <b>Ra</b> Radium [Rn]7s <sup>2</sup>	89 (227) 1,0 3200 1050 <b>Ac</b> Actinium [Rn]6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	104 (267) <b>Rf</b> Rutherfordium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	105 (268) <b>Db</b> Dubnium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup>	106 (271) <b>Sg</b> Seaborgium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup>	107 (272) <b>Bh</b> Bohrium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup>	108 (277) <b>Hs</b> Hassium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	109 (276) <b>Mt</b> Meitnerium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	110 (281) <b>Ds</b> Darmstadtium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>8</sup> 7s <sup>2</sup>	111 (280) <b>Rg</b> Röntgenium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup>	112 (285) <b>Cn</b> Copernicium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup>	113 (284) <b>Nh</b> Nihonium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	114 (289) <b>Fl</b> Flerovium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	115 (288) <b>Mc</b> Moscovium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	116 (293) <b>Lv</b> Livermorium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	118 (294) <b>Og</b> Oganesson [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>																	

Für die ab 1996 synthetisierten Elemente 112-116 und 118 gibt es noch keine Namen und Symbole.



Lanthanoide

Actinoide

58 140,12 1,1 3257 798 <b>Ce</b> Cer [Xe]4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	59 140,91 1,1 3512 931 <b>Pr</b> Praseodym [Xe]4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup>	60 144,24 1,1 3127 1010 <b>Nd</b> Neodym [Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	61 (145) 1,1 2700 1170 <b>Pm</b> Promethium [Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	62 150,36 1,1 1778 1072 <b>Sm</b> Samarium [Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	63 151,96 1,0 1597 822 <b>Eu</b> Europium [Xe]4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	64 157,25 1,1 3233 1312 <b>Gd</b> Gadolinium [Xe]4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	65 158,93 1,1 3041 1360 <b>Tb</b> Terbium [Xe]4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	66 162,50 1,1 2335 1409 <b>Dy</b> Dysprosium [Xe]4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	67 164,93 1,1 2727 1470 <b>Ho</b> Holmium [Xe]4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	68 167,26 1,1 2510 1522 <b>Er</b> Erbium [Xe]4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	69 168,93 1,1 1727 1545 <b>Tm</b> Thulium [Xe]4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	70 173,04 1,1 1193 824 <b>Yb</b> Ytterbium [Xe]4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	71 174,97 1,1 3315 1656 <b>Lu</b> Lutetium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>
90 232,038 1,1 4790 1750 <b>Th</b> Thorium [Rn]6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	91 231,036 1,1 4030 1840 <b>Pa</b> Protactinium [Rn]5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	92 238,029 1,2 3818 1132 <b>U</b> Uran [Rn]5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	93 (237) 1,2 3902 640 <b>Np</b> Neptunium [Rn]5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	94 (244) 1,2 3200 641 <b>Pu</b> Plutonium [Rn]5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup>	95 (243) = 1,2 2610 1000 <b>Am</b> Americium [Rn]5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	96 (247) = 1,2 = 1340 <b>Cm</b> Curium [Rn]5f <sup>8</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	97 (247) = 1,2 = 990 <b>Bk</b> Berkelium [Rn]5f <sup>9</sup> 7s <sup>2</sup>	98 (251) = 1,2 = 900 <b>Cf</b> Californium [Rn]5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup>	99 (252) = 1,2 = 900 <b>Es</b> Einsteinium [Rn]5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup>	100 (257) = 1,2 = 900 <b>Fm</b> Fermium [Rn]5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup>	101 (258) = 1,2 = 900 <b>Md</b> Mendelevium [Rn]5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup>	102 (259) = 1,2 = 900 <b>No</b> Nobelium [Rn]5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup>	103 (262) = 1,2 = 900 <b>Lr</b> Lawrencium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>

Protonenzahl  
(Ordnungszahl)  
Elektronegativität  
(nach Allred u. Rochow)  
Siedetemperatur in °C  
Schmelztemperatur in °C

6 12,011 2,5 4827 3550 <b>C</b> Kohlenstoff [He]2s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>
---

Relative  
Atommasse<sup>1</sup>  
Symbol<sup>2</sup>  
Name  
Elektronen-  
konfiguration

<sup>1</sup> Der eingeklammerte Wert bei radioaktiven Elementen ist die Nukleonenzahl (Massenzahl) des Isotops mit der längsten Halbwertszeit

<sup>2</sup> rot : gasförmig  
grün : flüssig  
schwarz: fest  
licht : alle Isotope radioaktiv  
} bei STP  
= 0 °C und  
1,0 bar

Nebengruppen

Hauptgruppen  
1

# Periodensystem der Elemente

Hauptgruppen  
18

1 1,008 2,2 -252,9 -239,1 <b>H</b> Wasserstoff 1s <sup>1</sup>	2 4 9,012 1,5 2970 1278 <b>Li</b> Lithium [He]2s <sup>1</sup>	3 6,941 1,0 1347 180,5 <b>Be</b> Beryllium [He]2s <sup>2</sup>	4 9,012 1,5 2970 1278 <b>Li</b> Lithium [He]2s <sup>1</sup>	5 12,011 2,5 4827 3550 <b>C</b> Kohlenstoff [He]2s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	6 12,011 2,5 4827 3550 <b>C</b> Kohlenstoff [He]2s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	7 14,007 3,1 -195,8 -209,9 <b>N</b> Stickstoff [He]2s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	8 15,999 3,5 -183,0 -218,4 <b>O</b> Sauerstoff [He]2s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	9 18,998 4,1 -188,1 -219,6 <b>F</b> Fluor [He]2s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	10 20,180 - -246,1 -248,7 <b>Ne</b> Neon [He]2s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>	11 22,990 1,0 883 97,8 <b>Na</b> Natrium [Ne]3s <sup>1</sup>	12 24,305 1,2 1107 651 <b>Mg</b> Magnesium [Ne]3s <sup>2</sup>	13 26,982 1,5 2467 660,4 <b>Al</b> Aluminium [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	14 28,086 1,7 2355 1410 <b>Si</b> Silicium [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	15 30,974 2,1 280(P4) 44(P4) <b>P</b> Phosphor [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	16 32,065 2,4 444 114,6 <b>S</b> Schwefel [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	17 35,453 2,8 -34,6 -101,0 <b>Cl</b> Chlor [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	18 39,948 - -185,7 -189,2 <b>Ar</b> Argon [Ne]3s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>	19 39,10 0,9 774 63,7 <b>K</b> Kalium [Ar]4s <sup>1</sup>	20 40,08 1,0 1487 845 <b>Ca</b> Calcium [Ar]4s <sup>2</sup>	21 44,96 1,2 2832 1539 <b>Sc</b> Scandium [Ar]3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>	22 47,87 1,3 3260 1675 <b>Ti</b> Titan [Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>	23 50,94 1,5 3380 1890 <b>V</b> Vanadium [Ar]3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>	24 52,00 1,6 2032 1244 <b>Cr</b> Chrom [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>	25 54,94 1,6 2750 1535 <b>Mn</b> Mangan [Ar]3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>	26 55,85 1,7 2870 1495 <b>Fe</b> Eisen [Ar]3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>	27 58,93 1,8 2732 1453 <b>Co</b> Cobalt [Ar]3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>	28 58,69 1,8 2595 1083 <b>Ni</b> Nickel [Ar]3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	29 63,55 1,8 2595 1083 <b>Cu</b> Kupfer [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	30 65,41 1,7 907 419,6 <b>Zn</b> Zink [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>	31 69,72 1,8 2403 29,8 <b>Ga</b> Gallium [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>	32 72,64 2,0 830 937,4 <b>Ge</b> Germanium [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	33 74,92 2,2 subl. <b>As</b> Arsen [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	34 78,96 2,5 685 217 <b>Se</b> Selen [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	35 79,90 2,7 58,8 -7,2 <b>Br</b> Brom [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	36 83,80 - -152,3 -156,6 <b>Kr</b> Krypton [Ar]3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>	37 85,47 0,9 888 38,9 <b>Rb</b> Rubidium [Kr]5s <sup>1</sup>	38 87,62 1,0 1384 769 <b>Sr</b> Strontium [Kr]5s <sup>2</sup>	39 88,91 1,1 3337 1523 <b>Y</b> Yttrium [Kr]4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup>	40 91,22 1,2 4377 1852 <b>Zr</b> Zirkonium [Kr]4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup>	41 92,91 1,2 4927 2468 <b>Nb</b> Niob [Kr]4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>	42 95,94 1,3 4825 2610 <b>Mo</b> Molybdän [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	43 98 1,4 4880 2200 <b>Tc</b> Technetium [Kr]4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup>	44 101,07 1,4 3900 2310 <b>Ru</b> Ruthenium [Kr]4d <sup>6</sup> 5s <sup>1</sup>	45 102,91 1,5 = 3730 1966 <b>Rh</b> Rhodium [Kr]4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup>	46 106,42 1,4 3140 1552 <b>Pd</b> Palladium [Kr]4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup>	47 107,87 1,4 2212 962 <b>Ag</b> Silber [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup>	48 112,41 1,5 765 320,9 <b>Cd</b> Cadmium [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup>	49 114,82 1,5 2080 156,6 <b>In</b> Indium [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>1</sup>	50 118,71 1,7 2270 231,9 <b>Sn</b> Zinn [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>2</sup>	51 121,76 1,8 1635 630,7 <b>Sb</b> Antimon [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>3</sup>	52 127,60 2,0 990 449,5 <b>Te</b> Tellur [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>4</sup>	53 126,90 2,2 184,4 113,5 <b>I</b> Iod [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>5</sup>	54 131,29 - -107 -111,9 <b>Xe</b> Xenon [Kr]4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>	55 132,91 0,9 878 28,5 <b>Cs</b> Caesium [Xe]6s <sup>1</sup>	56 137,33 1,0 1640 725 <b>Ba</b> Barium [Xe]6s <sup>2</sup>	57 138,91 1,1 3454 920 <b>La</b> Lanthan [Xe]4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	58 140,12 1,1 3257 798 <b>Ce</b> Cer [Xe]4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	59 140,91 1,1 3512 931 <b>Pr</b> Praseodym [Xe]4f <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	60 144,24 1,1 2700 1170 <b>Nd</b> Neodym [Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	61 145 1,1 1778 1072 <b>Pm</b> Promethium [Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	62 150,36 1,0 1507 822 <b>Sm</b> Samarium [Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	63 151,96 1,1 1609 822 <b>Eu</b> Europium [Xe]4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	64 157,25 1,1 3233 1312 <b>Gd</b> Gadolinium [Xe]4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	65 158,93 1,1 3041 1360 <b>Tb</b> Terbium [Xe]4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	66 162,50 1,1 2335 1409 <b>Dy</b> Dysprosium [Xe]4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	67 164,93 1,1 2720 1470 <b>Ho</b> Holmium [Xe]4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	68 167,26 1,1 2510 1522 <b>Er</b> Erbium [Xe]4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	69 168,93 1,1 1727 1545 <b>Tm</b> Thulium [Xe]4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	70 173,04 1,1 1193 824 <b>Yb</b> Ytterbium [Xe]4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	71 174,97 1,1 3315 1656 <b>Lu</b> Lutetium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>
---	---	---	--	---	---	--	--	---	--	---	---	--	--	--	---	--	---	--	--	--	---	---	---	--	---	--	--	---	---	--	---	--	---	--	---	---	--	--	---	--	--	---	--	--	--	---	---	--	--	---	---	---	--	---	--	---	---	---	---	--	--	--	---	--	--	---	--	---	--	--

Protonenzahl  
(Ordnungszahl)  
Elektronegativität  
(nach Allred u. Rochow)  
Siedetemperatur in °C  
Schmelztemperatur in °C

6 12,011  
2,5  
4827  
3550  
**C**  
Kohlenstoff  
[He]2s<sup>2</sup>p<sup>2</sup>  
Name  
Elektronen-  
konfiguration

1 Der eingeklammerte Wert bei radioaktiven Elementen ist die Nukleonenzahl (Massenzahl) des Isotops mit der längsten Halbwertszeit

2 rot : gasförmig  
grün : flüssig  
schwarz: fest  
licht : alle Isotope radioaktiv  
bei STP  
= 0 °C und  
1.0 bar

Nebengruppen

Für die ab 1996 synthetisierten Elemente 112-116 und 118 gibt es noch keine Namen und Symbole.



Lanthanoide

Actinoide

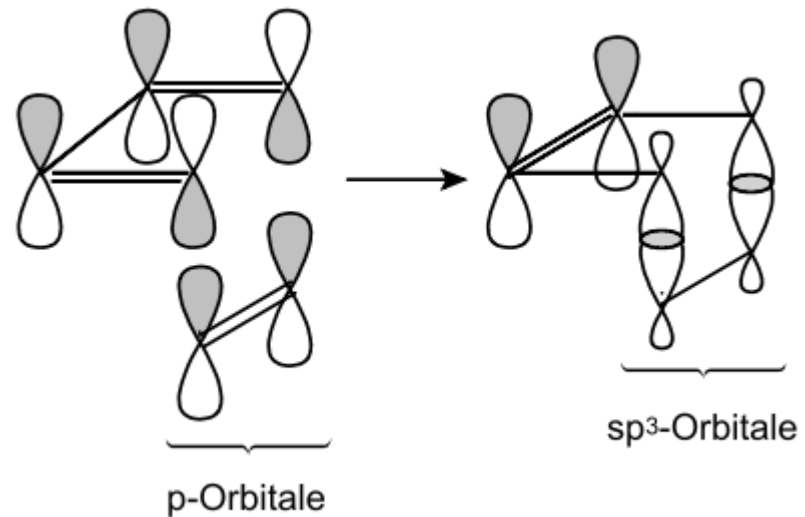
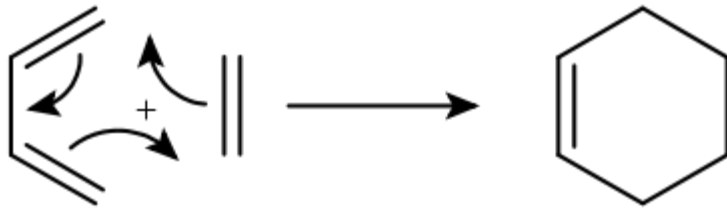
58 140,12 1,1 3257 798 <b>Ce</b> Cer [Xe]4f <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	59 140,91 1,1 3512 931 <b>Pr</b> Praseodym [Xe]4f <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup>	60 144,24 1,1 2700 1170 <b>Nd</b> Neodym [Xe]4f <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup>	61 145 1,1 1778 1072 <b>Pm</b> Promethium [Xe]4f <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup>	62 150,36 1,0 1507 822 <b>Sm</b> Samarium [Xe]4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup>	63 151,96 1,1 1609 822 <b>Eu</b> Europium [Xe]4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	64 157,25 1,1 3233 1312 <b>Gd</b> Gadolinium [Xe]4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	65 158,93 1,1 3041 1360 <b>Tb</b> Terbium [Xe]4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup>	66 162,50 1,1 2335 1409 <b>Dy</b> Dysprosium [Xe]4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup>	67 164,93 1,1 2720 1470 <b>Ho</b> Holmium [Xe]4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup>	68 167,26 1,1 2510 1522 <b>Er</b> Erbium [Xe]4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup>	69 168,93 1,1 1727 1545 <b>Tm</b> Thulium [Xe]4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup>	70 173,04 1,1 1193 824 <b>Yb</b> Ytterbium [Xe]4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup>	71 174,97 1,1 3315 1656 <b>Lu</b> Lutetium [Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>
90 232,038 1,1 4790 1750 <b>Th</b> Thorium [Rn]6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup>	91 231,036 1,1 4030 1840 <b>Pa</b> Protactinium [Rn]5f <sup>6</sup> d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	92 238,029 1,2 3818 1132 <b>U</b> Uran [Rn]5f <sup>6</sup> d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	93 237 1,2 3902 640 <b>Np</b> Neptunium [Rn]5f <sup>6</sup> d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	94 244 1,2 3618 641 <b>Pu</b> Plutonium [Rn]5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	95 243 = 1,2 2610 1000 <b>Am</b> Americium [Rn]5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	96 247 = 1,2 = 1340 990 <b>Cm</b> Curium [Rn]5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>	97 247 = 1,2 = 900 900 <b>Bk</b> Berkelium [Rn]5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup>	98 251 = 1,2 = 900 900 <b>Cf</b> Californium [Rn]5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup>	99 252 = 1,2 = 900 900 <b>Es</b> Einsteinium [Rn]5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup>	100 257 = 1,2 = 900 900 <b>Fm</b> Fermium [Rn]5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup>	101 258 = 1,2 = 900 900 <b>Md</b> Mendelevium [Rn]5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup>	102 259 = 1,2 = 900 900 <b>No</b> Nobelium [Rn]5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup>	103 262 = 1,2 = 900 900 <b>Lr</b> Lawrencium [Rn]5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup>

# Fangen wir mal klein an...



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Diels – Alder - Reaktion

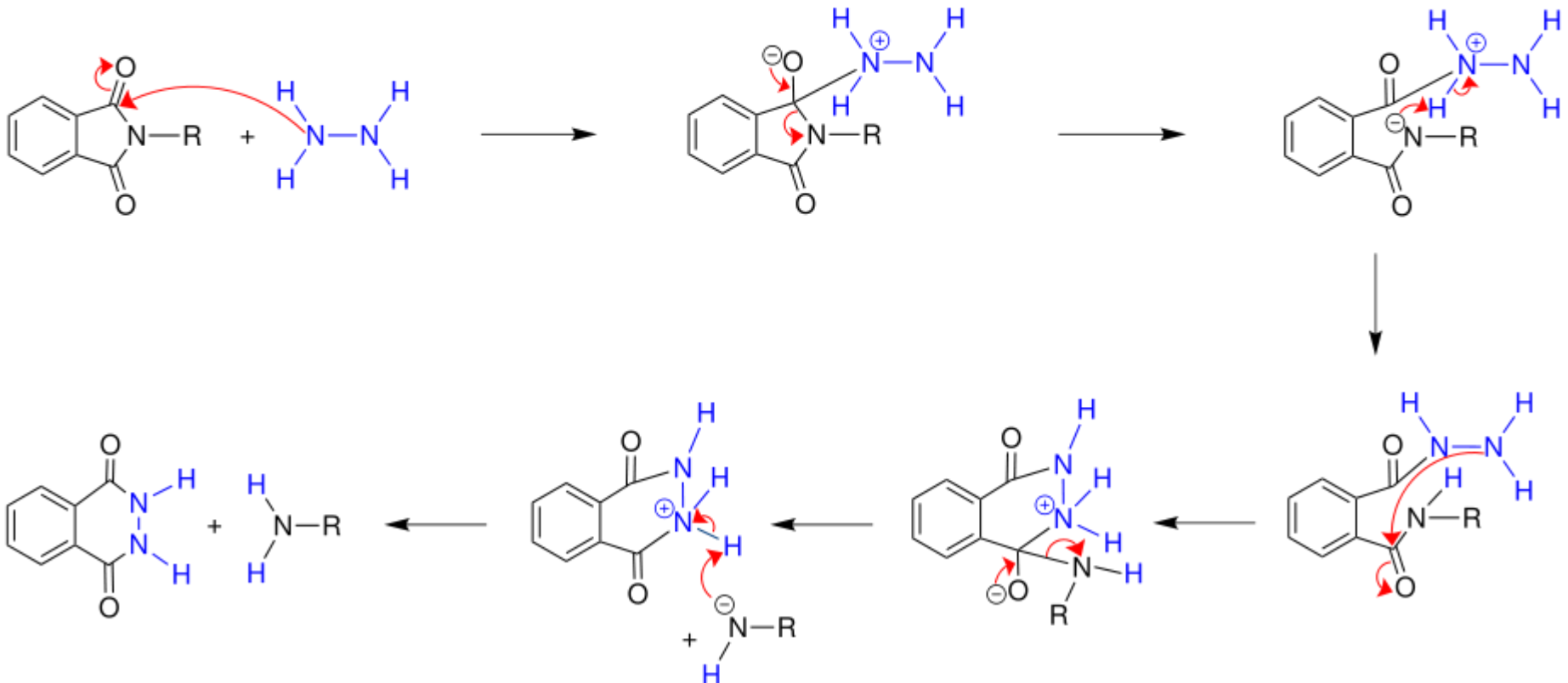
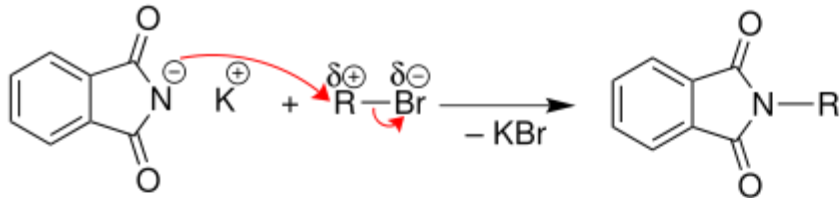


# ... und enden kompliziert



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

## Gabriel Synthese

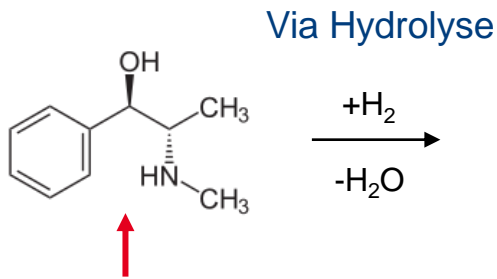
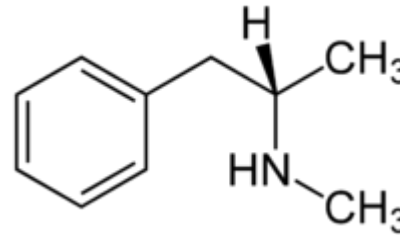


# ... auch interessant!

Synthese von...?

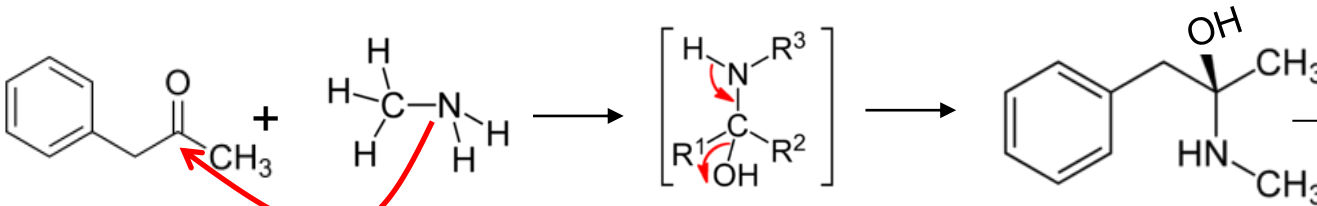


Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



Nicht frei erhältlich!

Via nucleophiler Addition



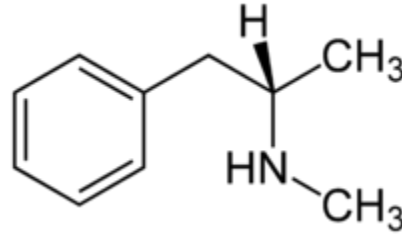
„Frei“ erhältlich!

Via Hydrolyse

+H<sub>2</sub>  
-H<sub>2</sub>O

... auch interessant!

Synthese von...?



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

Bild.de



Stern.de



Mitteldeutsche Zeitung

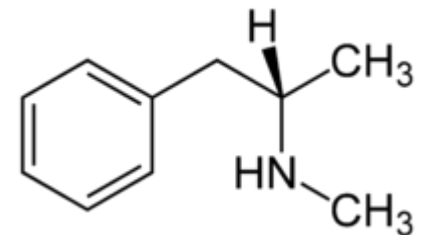
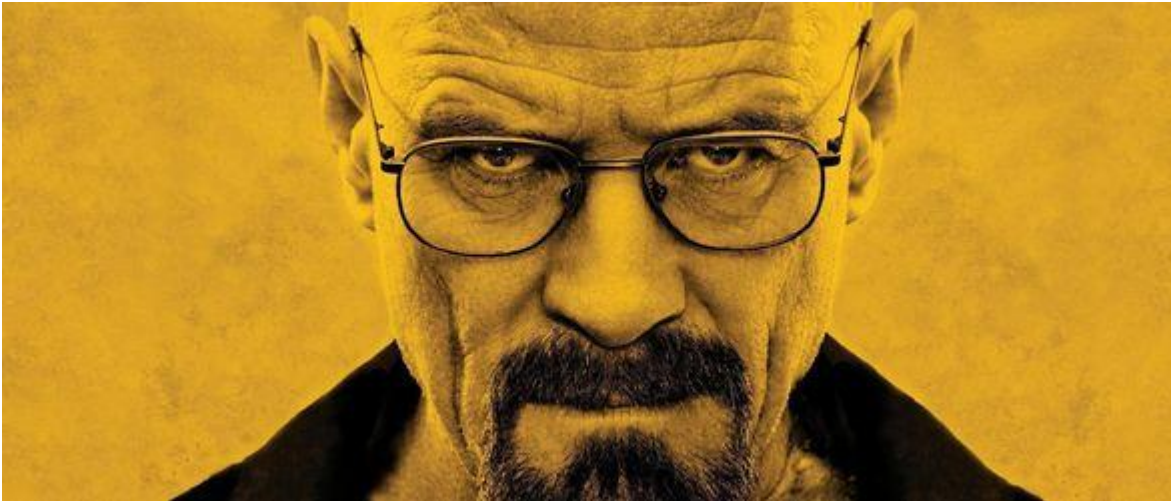


... auch interessant!

Synthese von...?



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola



N-methyl-alpha-Methylphenethylamin

Methamphetamin

umgangssprachlich **Crystal Meth, Meth, Ice** oder **Crystal**)

Noch Fragen ?



Technische  
Hochschule  
Georg Agricola

