

### 1. Stöchiometrie

$$N_A = 6.023 \cdot 10^{23} \text{ Teilchen/mol}$$

$$n(x) = \frac{m(x)}{M(x)}$$

$$C = \frac{n}{V} \Rightarrow C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad \text{Verdünnungsgleichung (wenn } n_1 = n_2 \text{)}$$

### 2. Thermodynamik

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$W = F \cdot s \quad [1J = 1Nm = 1kg \cdot m^2/s^2]$$

$$\Delta U = q - p \cdot \Delta V$$

Änderung der inneren Energie bei konst. Druck (Kolben)

$$\Delta H = \Delta U + p \cdot \Delta V \quad \text{Enthalpie}$$

bei Gasen!

$$q_p = H_2 - H_1 = \Delta H \quad \text{Enthalpieänderung}$$

$$\Delta_r H^\circ = H_{\text{prod.}} - H_{\text{Edukte}}$$

### Reaktionsenthalpie

#### Standardbildungsenthalpien

Stoffe u. homonukleare, zweiatomige Gase ( $\Delta_f H^\circ = 0$  für elementare Stoffe)

#### Satz von Hess:

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ(\text{Prod.}) - \Delta_f H^\circ(\text{Edukte})$$

VZ so drehen, dass Stoff gebildet wird, wenn Gl. multipliziert  $\rightarrow$  Enthalpien auch multiplizieren

$\Delta H < 0$ : exotherm

$\Delta H > 0$ : endotherm

### 3. Atombau

Wenn  $e^-$  von äußerer auf innere Schale springt, wird Lichtquant frei  $\Delta E = h \cdot \nu$  Frequenz

$$E_n = -\frac{2.18 \cdot 10^{-18} J}{n^2} \quad \text{Plancksches Wirkquantum } n = 1, 2, 3, \dots, 10 \text{ (Schale)}$$

Welle-Teilchen-Dualismus

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{h}{\lambda} = m \cdot v$$

PKA-Werte

$H_3O^+$ : 0

$H_2O$ : 15.7

Hauptquantenzahl  $n$ -Schale (K, L, M, N)  $\Rightarrow$  Hauptenergieniveau & Abstand von Atomkern

Nebenquantenzahl  $l = 0, 1, 2, \dots, (n-1) \Rightarrow$  Anzahl Unterenergieebenen

$n=1 \quad l=0 \quad 1s$   
 $n=2 \quad l=0,1 \quad 2s, 2p$   
 $n=3 \quad l=0,1,2 \quad 3s, 3p, 3d$

Magnetquantenzahl  $m \Rightarrow$  Anzahl Orbitale pro Unterenergieebene

$s, p, d, f$   
 $l=0, 1, 2, 3$   
 $1, 3, 5, 7 \leftarrow$  Orbitale

Spinquantenzahl  $s = +\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$

$\Rightarrow$  H-Atom: ab  $n > 1$  sind alle Orbitale energiegleich = entartet  
 $\rightarrow 2s = 2p$  und  $3s = 3p = 3d$  etc.

$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f$

$\Rightarrow$  Übergangsmetalle: zuerst  $4s^2$ -e $^-$  abgeben vor  $3d$

• Stärke d. Schwerstoffoxiden

• Atomradius

• Säurestärke:  $HI > HBr > HCl > HF$

$\rightarrow$  je mehr O, desto saurer

• EN / 1. Ionisierungsenergie

• Schalen beachten!

• Spezialfälle: Cr (24e $^-$ ):  $[Ar] 4s^1 3d^5$  (stabiler, wenn alle d-Orbitale einz. besetzt)

• Au / Ag / Cu: voll besetzte d-Orb.  $\rightarrow$  sehr stabil  $\rightarrow$  nur 1-o.x. bar

• In energie  $Li < B < Be \rightarrow$  Bor hält  $e^-$  zwar fester (höhere Ladung) aber dafür  $2s^2$ -Niveau viel energie günstiger

### 4. Bindungstheorie

• Ionenbindung:  $\Delta EN > 1.5$ , doppelte Ladung  $\rightarrow$  gr. Anz. unlöslich in Wasser  $\rightarrow$  Irgo

• Kristallgitter: Na-Cl-Gitter Kz: 6 Kubisch-flächenz.

Cs-Cl-Gitter Kz: 8 Gr. Atom-viel

Kubisch-primitiv Kz: 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32

Kovalente Bindung: da 3. Periode Oktettregelverletzung physikalische Ladung  $\neq$  Formalladung!  $\rightarrow$  H-N-H

Mesomerie:  $H-N-H$   $\rightarrow$   $H-N=H$

• Möglichst viele Oktette (N=O! besser als N=O $^+$ )

• neg. Ladung am elektroneg. Atom u. umgekehrt

• Möglichst wenig Ladungstrennung

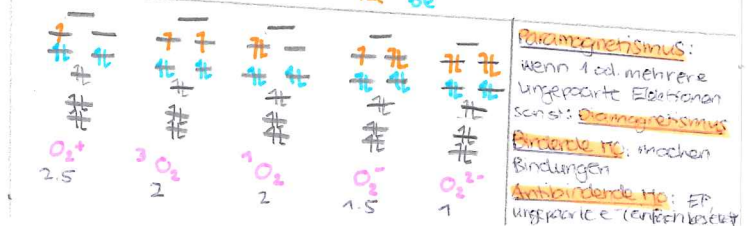
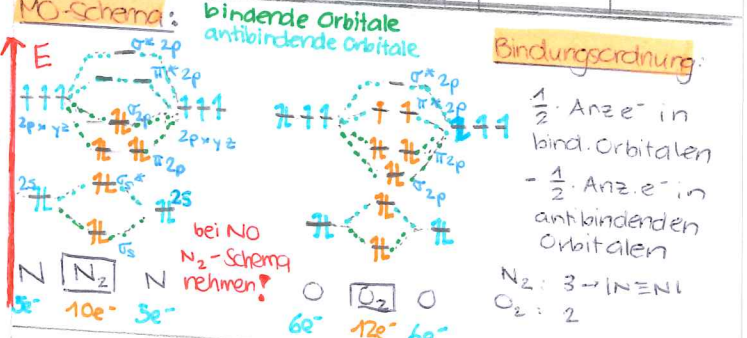
• Oktettregel kann Ladungstrennung erzwingen

• Hybridorbitale

• DB-Regel: Elemente d. höheren Perioden können keine  $\pi$ - $\pi$ -Bindungen ausbilden (nur über d-Orbitale)  $\rightarrow$  Disilen wird zu Ketten  $-Si-Si-$  etc.

SP	linear	Be(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	weitere Reaktionen:
sp <sup>2</sup>	trig. planar	BF <sub>3</sub>	$F_2 + H_2O \rightarrow 2HF + \frac{1}{2}O_2$
sp <sup>3</sup>	tetrahedrisch	CH <sub>4</sub>	$NF_3 + 2H_2O \rightarrow 3HF + HNO_2$
dp <sup>2</sup>	trigonal-bipyramidal	PF <sub>5</sub>	$NBr_3 + 3H_2O \rightarrow NH_3 + 3HOBr$
dp <sup>3</sup>	oktaedrisch	SF <sub>6</sub>	$2Li + 2H_2O \rightarrow 2LiOH + H_2$

LP	0	1	2	3	4
2	linear 180° BF <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>				
3	trig. planar 120° BF <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>	trig. pyram. gewinkelt 109° NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>			
4	tetrahedrisch 109° CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , POCl <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	trig. pyram. gewinkelt 109° NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub>	trig. bipyram. gewinkelt 120° H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub>		
5	trig. bipyram. 120°/90° PF <sub>5</sub> , PCl <sub>5</sub> , SF <sub>6</sub>	"Säule" 120°/90° SF <sub>6</sub> , SeF <sub>6</sub> , XeF <sub>4</sub> , XeO <sub>4</sub>	T-förmig 90° ClF <sub>3</sub> , BrF <sub>3</sub>	linear 180° XeF <sub>2</sub> , I <sub>2</sub> , ICl <sub>2</sub>	$\Rightarrow$ freie EP immer äquatorial da mehr Platz!
6	oktaedrisch 90° SF <sub>6</sub> , PCl <sub>6</sub> <sup>-</sup>	quadr. pyram. 90° BrF <sub>5</sub> , IF <sub>5</sub>	quadr. planar 90° XeF <sub>4</sub> , ICl <sub>4</sub> <sup>-</sup>	T-förmig 90°	linear 180°





① Gase, Flüssigkeiten, Feststoffe

**Gase:** vollkommene Ordnung, viel freier Raum, Teilchen vollst. Bewegungsfreiheit & weit auseinander, nimmt Volumen und Form des Behälters an, komprimierbar, fließt leicht, Diff. schnell

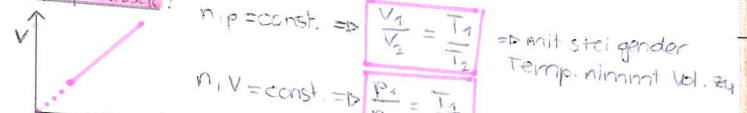
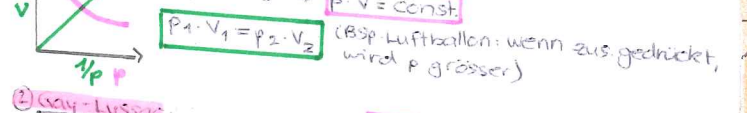
**Flüssigkeit:** Unordnung, Teilchen zueinander frei beweglich & dicht aneinander, nimmt Form d. Behälters an, praktisch nicht komprimierbar, fließt leicht, Diffusion langsam

**Festkörper:** geordnet, Teilchen an festen Positionen und dicht zusammen, behält Form u. Volumen bei, praktisch nicht komprimierbar, fließt nicht, Diffusion sehr langsam

**Manometer:**



1 mm Hg = 1 Torr = 1.34 · 10<sup>-3</sup> atm    1 atm = 1.013 bar  
1 bar = 10<sup>5</sup> Pa = 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>

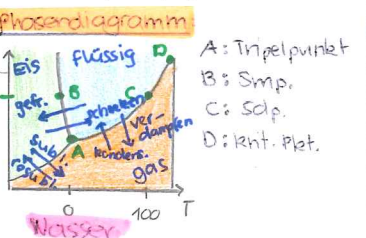
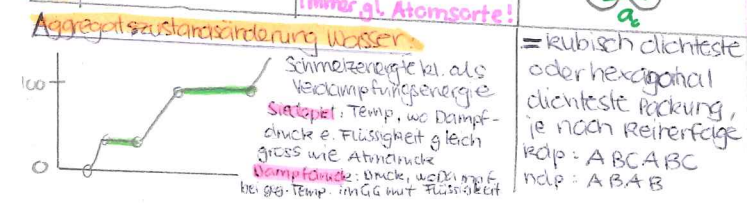


③ Avogadro:  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$  Zustandsgleichung

$T, p = \text{const.} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$

Partialdruck:  $p = p(A) + p(B) \dots p(A) = \frac{n(A)}{n(A) + n(B)} \cdot p = x(A) \cdot p$

Primär	sekundär	tertiär
$\frac{a_0}{2}$	$\frac{a_0}{4} \cdot \sqrt{3}$	$\frac{a_0}{2 \cdot \sqrt{2}}$
6	8	12
$\frac{\pi}{6} = 0.52$	$\frac{\pi}{3} \cdot \sqrt{3} = 0.68$	$\frac{\pi}{3 \cdot \sqrt{2}} = 0.74$
1	2	4
$\frac{4}{3} \pi r^3$	$\frac{4}{3} \pi r^3$	$\frac{4}{3} \pi r^3$
$a_0 = 2r$	$a_0 = 4r$	$a_0 = 4r$

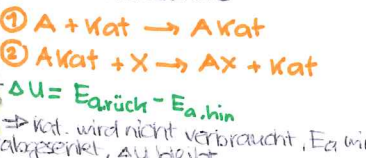
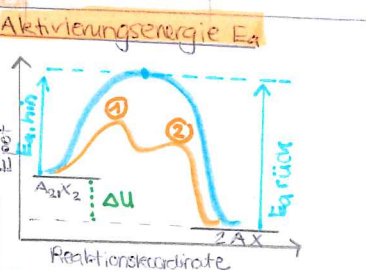


**Anomalie:** Bei Druckerhöhung schmilzt Eis

**Trippelpunkt:** kein Unterschied in Dichte zw. flüssig u. gasförmig

**Trippelpunkt:** alle 3 Zustände im thermodyn. GG, Mengenverh. ändern sich nicht

Ordnung	Reaktionsgeschwindigkeit	Linearer Anstieg	Halbwertszeit
0	$v = k$ [mol · l <sup>-1</sup> · s <sup>-1</sup> ]	$\ln c(A) = -k \cdot t$ $\ln c(A) = -k \cdot t + \ln c(A)_0$	$\frac{c_0(A)}{2k} = t_{1/2}$ ⇒ t <sub>1/2</sub> ist konstant, konzentrationsabhängig
1	$v = k \cdot c(A)$ [s <sup>-1</sup> ]	$\ln c(A) = -k \cdot t$ $\ln c(A) = -k \cdot t + \ln c(A)_0$	$\frac{0.693}{k} = t_{1/2}$ ⇒ t <sub>1/2</sub> ist unabh. v. Konz.
2	$v = k \cdot c^2(A)$ [mol <sup>-1</sup> · l · s <sup>-1</sup> ]	$\frac{1}{c(A)} = k \cdot t + \frac{1}{c(A)_0}$	$\frac{1}{k \cdot c_0(A)} = t_{1/2}$ ⇒ t <sub>1/2</sub> ist konz.-abhängig



$E_a = R \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}$

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

**Arrhenius-Gleichung:**

$\ln k_1 = \ln k_2 - \frac{\Delta H^\circ}{R} \cdot \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

② Kinetik  $A + B \rightarrow C$

- Geschw. gesetz kann nicht aus stöchiometrie bestimmt werden!

$v = k \cdot c^x(A) \cdot c^y(B)$

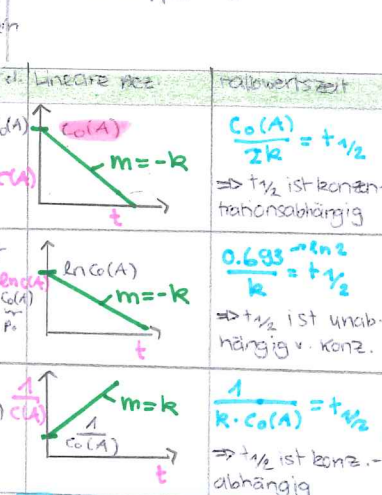
- Einheit von k gibt Hinweis auf Ordnung → muss immer mol/l · s sein

$v_0$  konst. → 0. Ordnung

$C_0 + v_0$  verd. → 1. Ordn.

$v_0$  vervierfacht } 2. Ordn.

$C_0$  verdoppelt }



③ Chemisches Gleichgewicht

$v_{\text{hin}} = v_{\text{rück}}$

$v_{\text{hin}} = k_{\text{hin}} \cdot c(A_2) \cdot c(X_2)$

$v_{\text{rück}} = k_{\text{rück}} \cdot c^2(AX)$

**Massenwirkungsgesetz:**

$K = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D)}{c^a(A) \cdot c^b(B)} = \frac{k_{\text{hin}}}{k_{\text{rück}}}$

**Reaktionsquotient:**

$Q = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D)}{c^a(A) \cdot c^b(B)}$

$Q < K$ : Rxn. läuft nach rechts

$Q > K$ : Rxn. läuft nach links

$Q = K$ : Rxn. im GG

**Gleichgewichtskonstante  $K_p \neq K_c$ :**

$K_p = \frac{p^c(C) \cdot p^d(D)}{p^a(A) \cdot p^b(B)}$

$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$

• Temp. Erhöhung: GG in endoth. Richt.

• Druckerhöhung: GG dort wo weniger Teilchen

⇒ K temp. abhängig!

⇒ K nicht druckabhängig (GG kann aber druckabhängig sein → Gasreaktionen)

• Produkt entfernen → GG nach rechts oder mehr Edukt

④ Le Chatelier

• Temp. Erhöhung: GG in endoth. Richt.

• Druckerhöhung: GG dort wo weniger Teilchen

⇒ K temp. abhängig!

⇒ K nicht druckabhängig (GG kann aber druckabhängig sein → Gasreaktionen)

• Produkt entfernen → GG nach rechts oder mehr Edukt

⑤ Säuren und Basen

Säuren: Protonendonatoren, Brønsted

Basen: Protonenakzeptoren, Brønsted

**Amphoterie:** Reaktion als Säure oder Base möglich → H<sub>2</sub>O, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

**Autoprotolyse:** H<sub>2</sub>O + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>

$K_w = \frac{c(H^+) \cdot c(OH^-)}{c^2(H_2O)} = c(H^+) \cdot c(OH^-) = 10^{-14}$

$K_w = 10^{-14}$  bei 25° → c(OH<sup>-</sup>) = c(H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>)

$K_w = 10^{-12}$  bei 100° = 10<sup>-12</sup>

**pH-Wert:**

$pH = -\log_{10} c(H^+)$

$pOH = -\log_{10} c(OH^-)$

$pH + pOH = 14$

**Autoprotolyse:** H<sub>2</sub>O + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>

$K_w = \frac{c(H^+) \cdot c(OH^-)}{c^2(H_2O)} = c(H^+) \cdot c(OH^-) = 10^{-14}$

$K_w = 10^{-14}$  bei 25° → c(OH<sup>-</sup>) = c(H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>)

$K_w = 10^{-12}$  bei 100° = 10<sup>-12</sup>

**Acidbasegleichgewicht:**

$K_a = \frac{c(A^-) \cdot c(H_3O^+)}{c(HA)}$

$pK_a = -\log_{10} K_a$

$K_b = \frac{c(HA) \cdot c(OH^-)}{c(A^-)}$

$pK_b = -\log_{10} K_b$

$pK_a + pK_b = 14$

starke Säure: gr. K<sub>a</sub>, kleine pK<sub>a</sub>

starke Base: gr. K<sub>b</sub>, kleine pK<sub>b</sub>

⑥ Element-halogen-Verbindungen

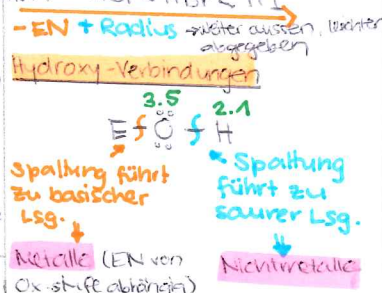
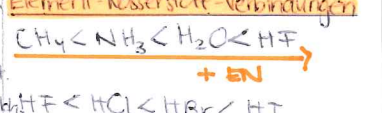
HX (X = Cl, Br, I) → starke Säure

H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, HF → schwach org. Säuren → schwach

pK<sub>a</sub> < 0 sehr stark

0 < pK<sub>a</sub> < 3 stark

3 < pK<sub>a</sub> < 7 mittelstark

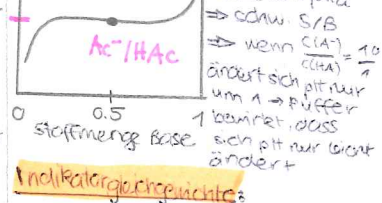


⑦ Henderson-Hasselbalch

$pH = pK_a + \log_{10} \frac{c(A^-)}{c(HA)}$

⇒ wenn pH = pK<sub>a</sub> ist c(A<sup>-</sup>) = c(HA)

⇒ ist w.p.d. Pufferkurve



**Indikatorgleichgewichte:**

$HIn + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + In^-$

versch. Farben

Umschlag:  $c_{\text{hin}} = c_{\text{in}}$  und pH = pK<sub>a</sub>

pH = pK<sub>a</sub> + log  $\frac{c(In^-)}{c(HIn)}$ , pH > 1 → Bereich, wo ind. erkennbar



### Herstellung eines Puffergemischs

- 0.05 mol HAc / 0.05 mol Ac<sup>-</sup> } 50% Säure / 50% Base  
pH = pK<sub>a</sub>
- 0.1 mol HAc / 0.05 mol NaOH } 2/3 der HAc reagiert mit NaOH zu Ac<sup>-</sup>  
pH = pK<sub>a</sub> + log(2)
- 0.1 mol NaAc / 0.05 mol HCl } 1/2 des NaAc reagiert mit HCl zu HAc  
pH = pK<sub>a</sub>

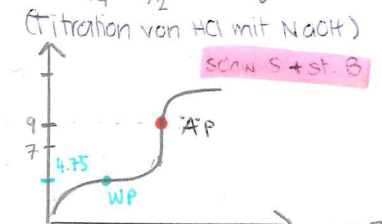
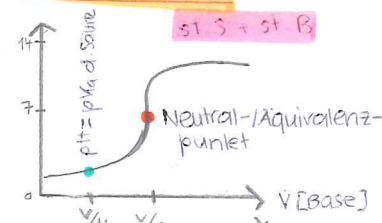
### Dissociation e. starken Säure/Base

$$pH = -\log_{10} c(H_3O^+)$$
$$pH = 14 + \log_{10} c(OH^-)$$

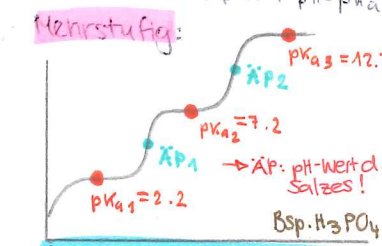
### Dissociation e. schwachen Säure/Base

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log c_0(H^+))$$
$$pH = 14 - \frac{1}{2}(pK_b - \log c_0(OH^-))$$

### Titrationkurven



(Titration von HAc mit NaOH)  
• NP ≠ AP → AP rutscht ins Basische (Ac<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O ⇌ HAc + OH<sup>-</sup>)  
• WP = Puffer Schwerpunkt pH = pK<sub>a</sub>



### Auflösung und Fällung

Löslichkeitsprodukt  $L = c(A^+) \cdot c(B^-)$   
Ion-pred < L → ungesättigt  
I = L → gesättigt  
I > L → übersättigt

$$L = c(A^+) \cdot c(B^-)$$
$$c(A^+) = \frac{n}{V} = \frac{L}{c(B^-)}$$

**Komplex**  
L: Ligand  
KZ: Anz. Liganden  
Z: Zentralatom (Metall → Lewis-Säure)

$$K_f = \frac{c(Prod.)}{c(Ed.1) \cdot c(Ed.2)}$$

Komplexstabilitätskonstante

$$K_d = \frac{1}{K_f}$$

Komplexdissoziationskonstante

### Thermodynamik

$$Enthalpie: H = U + p \cdot V$$

Entropie: Maß für Unordnung  
→ Spont. Prozess → Entropie?

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{\Delta H}{T}$$

Reaktionsentropie:  
 $\Delta_r S = c \cdot S(c) + d \cdot S(d) - (a \cdot S(a) + b \cdot S(b))$

$$\Delta_r G = \Delta_r H - T \cdot \Delta_r S$$

Freie Enthalpie (Gibbs-Energie):  
 $\Delta_r G < 0$  freiwillig  
 $\Delta_r G > 0$  nicht freiwillig

$$\Delta_r G = c \cdot G(c) + d \cdot G(d) - (a \cdot G(a) + b \cdot G(b))$$

Freie Reaktionsenthalpie:  
 $\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$

ΔH	ΔS	ΔG	K	Reaktion
+	+	-	> 1	immer freiw.
-	-	-	> 1	freiwillig
-	+	-	> 1	freiwillig
+	-	+	< 1	nicht freiw.
+	+	-	> 1	freiwillig
-	-	+	< 1	nicht freiw.

### Redoxgleichgewichte

**Oxidation:** nehmen e<sup>-</sup> auf (werden selbst red.) und oxidieren andere  
**Reduktion:** geben e<sup>-</sup> ab (werden selbst oxidiert) und reduzieren andere  
Ox.m.: 6-7 Hauptgruppen  
Red.m.: 1,2 Hauptgruppen, c, H<sub>2</sub>

### Redoxzahlen:

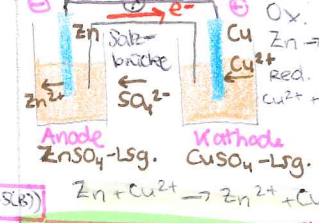
- F<sup>-</sup> immer -1
- Metalle idR. pos. OZ NaHg<sup>-1</sup>
- H immer +1 → NaH<sup>-1</sup>, LiAlH<sub>4</sub><sup>-1</sup>
- Sauerstoff idR. -2 → B<sub>2</sub><sup>-1</sup>

**Aufstellen von Redoxgleichungen**  
Bsp.  $MnO_4^- + Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Fe^{3+}$  (in saurer Lsg.)  
1. Ox. / Red. aufteilen u. e<sup>-</sup> ergänzen  
2. Elektronen "gleich machen" u. Gl. add.  
3. Ladungsausgleich mit H<sup>+</sup> oder OH<sup>-</sup>

	Ox.	Red.
saure	rechts + H <sup>+</sup>	links + H <sup>+</sup>
basisch	links + OH <sup>-</sup>	rechts + OH <sup>-</sup>

Gl. stöchi. ausgleichen mit H<sub>2</sub>O oder Säure / Base (z.B. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

### Daniell-Element



**Anode:** Oxidation  
**Kathode:** Reduktion  
**Elektrolyse:** wässrige NaCl-Lsg.  
Anode: 2Cl<sup>-</sup> → Cl<sub>2</sub> + 2e<sup>-</sup>  
Kathode: 2H<sub>2</sub>O + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub> + 2OH<sup>-</sup>

$$\Delta_r G = -z \cdot F \cdot \Delta E^\circ$$
$$\Delta E^\circ = \frac{-\Delta_r G}{z \cdot F}$$

Elektromotorische Kraft (EMK):  
Bsp.  $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$  -0.76V  
 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$  +0.34V  
 $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$  +0.76V  
 $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$   $E^\circ = 1.1V$

**Nernst'sche Gleichung:**  
 $E = E^\circ - \frac{0.059}{z} \cdot \log \frac{a_{Red.}}{a_{Ox.}}$   
Potential bei bel. Bedingungen:  
 $E = E^\circ - \frac{0.059}{z} \cdot \log \frac{c_{Red.}}{c_{Ox.}}$

**Redoxzahlen:**  
Oxidation: nehmen e<sup>-</sup> auf (werden selbst red.) und oxidieren andere  
Reduktion: geben e<sup>-</sup> ab (werden selbst oxidiert) und reduzieren andere  
Ox.m.: 6-7 Hauptgruppen  
Red.m.: 1,2 Hauptgruppen, c, H<sub>2</sub>

### Stichwort Wasserstoffelektrode



**Elektrolyse:**  
Anode: 2H<sub>2</sub>O → O<sub>2</sub> + 4H<sup>+</sup> + 4e<sup>-</sup>  
Kathode: 2H<sub>2</sub>O + 2e<sup>-</sup> → H<sub>2</sub> + 2OH<sup>-</sup>

**Brennstoffzelle**  
Anode: 2H<sub>2</sub>(g) + 4OH<sup>-</sup> → 4H<sub>2</sub>O + 4e<sup>-</sup>  
Kathode: 2H<sub>2</sub>O + 4e<sup>-</sup> + O<sub>2</sub> → 4OH<sup>-</sup>  
Gesamt: 2H<sub>2</sub>(g) + O<sub>2</sub>(g) → 2H<sub>2</sub>O(l)

**Lithium-Ionen-Batterie**  
Anode: Li + C(s) → Li<sup>+</sup> + C(graphit) + e<sup>-</sup>  
Kathode: x e<sup>-</sup> + Li<sub>x</sub>CoO<sub>2</sub> → Li<sup>+</sup> + CoO<sub>2</sub>(s)  
Gesamt: Li + C(s) + Li<sub>x</sub>CoO<sub>2</sub> → Li<sup>+</sup> + C(graphit) + CoO<sub>2</sub>(s)

**Korrosion:**  
Kathode: O<sub>2</sub> + 4H<sup>+</sup> + 4e<sup>-</sup> → 2H<sub>2</sub>O  
oder O<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O + 4e<sup>-</sup> → 4OH<sup>-</sup>  
Anode: Fe → Fe<sup>2+</sup> + 2e<sup>-</sup>

**Anorgan. Stoffchemie**  
Fast alle Elemente reag. mit O<sub>2</sub> zu Oxiden E.O.  
LizO BeO B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> CO<sub>2</sub> N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -1+2  
Na<sub>2</sub>O MgO Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> SiO<sub>2</sub> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> SO<sub>3</sub> Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

**Oxide in H<sub>2</sub>O zu Hydroxiden**  
(entw. im PSE) oder Sauerstoffsäuren  
NaOH Mg(OH)<sub>2</sub> Al(OH)<sub>3</sub> Si(OH)<sub>4</sub>  
P(OH)<sub>3</sub> S(OH)<sub>2</sub> Cl(OH)<sub>3</sub>

**Hydroxide**  
H<sub>2</sub>O-Si-OH < HO-Si-OH < HO-Si-OH < HO-Si-OH  
Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure

**Element-Wasserstoffverb.**  
LiH BeH<sub>2</sub> BH<sub>3</sub> CH<sub>4</sub> NH<sub>3</sub> H<sub>2</sub>O HF  
NaH MgH<sub>2</sub> AlH<sub>3</sub> SiH<sub>4</sub> PH<sub>3</sub> H<sub>2</sub>S HCl

**Herstellung:** 2Li + H<sub>2</sub> → 2LiH  
N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> → 2NH<sub>3</sub>

**Umsetzung mit H<sub>2</sub>O:**  
NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>  
CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O → keine Rxn.  
LiH + H<sub>2</sub>O → LiOH + H<sub>2</sub>  
SiH<sub>4</sub> + 4H<sub>2</sub>O → Si(OH)<sub>4</sub> + 4H<sub>2</sub>

**Element-Halogen-Verbindungen**  
LiCl BeCl<sub>2</sub> BCl<sub>3</sub> CCl<sub>4</sub> NCl<sub>3</sub> OCl<sub>2</sub> FCl  
NaCl MgCl<sub>2</sub> AlCl<sub>3</sub> SiCl<sub>4</sub> PCl<sub>3</sub> SCl<sub>2</sub> ClF<sub>3</sub>  
PCl<sub>5</sub> SO<sub>2</sub> ClF<sub>3</sub> SCl<sub>2</sub> ClF<sub>3</sub>

**Herstellung:** 2K + Cl<sub>2</sub> → 2KCl  
2Al + 3Br<sub>2</sub> → 2AlBr<sub>3</sub>

### Element-Wasserstoffverb.

LiH BeH<sub>2</sub> BH<sub>3</sub> CH<sub>4</sub> NH<sub>3</sub> H<sub>2</sub>O HF  
NaH MgH<sub>2</sub> AlH<sub>3</sub> SiH<sub>4</sub> PH<sub>3</sub> H<sub>2</sub>S HCl

**Herstellung:** 2Li + H<sub>2</sub> → 2LiH  
N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> → 2NH<sub>3</sub>

**Umsetzung mit H<sub>2</sub>O:**  
NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>  
CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O → keine Rxn.  
LiH + H<sub>2</sub>O → LiOH + H<sub>2</sub>  
SiH<sub>4</sub> + 4H<sub>2</sub>O → Si(OH)<sub>4</sub> + 4H<sub>2</sub>

**Element-Halogen-Verbindungen**  
LiCl BeCl<sub>2</sub> BCl<sub>3</sub> CCl<sub>4</sub> NCl<sub>3</sub> OCl<sub>2</sub> FCl  
NaCl MgCl<sub>2</sub> AlCl<sub>3</sub> SiCl<sub>4</sub> PCl<sub>3</sub> SCl<sub>2</sub> ClF<sub>3</sub>  
PCl<sub>5</sub> SO<sub>2</sub> ClF<sub>3</sub> SCl<sub>2</sub> ClF<sub>3</sub>

**Herstellung:** 2K + Cl<sub>2</sub> → 2KCl  
2Al + 3Br<sub>2</sub> → 2AlBr<sub>3</sub>

**Umsetzung mit H<sub>2</sub>O:**  
E<sup>+</sup>Cl<sup>-</sup> + n H<sub>2</sub>O → [E(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>]<sup>+</sup>Cl<sup>-</sup>  
[E(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>]<sup>m+</sup> → [E(H<sub>2</sub>O)<sub>n-1</sub>]<sup>(m-1)+</sup> + H<sup>+</sup>  
ECl<sub>x</sub> + x H<sub>2</sub>O → E(OH)<sub>x</sub> + x HCl

**Salze** (Neutr. aus S und B)  
EOH + HX → EX + H<sub>2</sub>O  
KOH + HCl → KCl + H<sub>2</sub>O  
Ca(OH)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → CaSO<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O  
NaOH + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> → NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O

**Starke Säuren verdrängen schwache Säuren aus dem Salz**  
Na<sub>2</sub>BO<sub>3</sub> + 3HCl → 3NaCl + H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>  
CaCO<sub>3</sub> + 2HNO<sub>3</sub> → Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>

**Starke Basen verdrängen schwache Basen aus dem Salz**  
NH<sub>4</sub>Cl + NaOH → NaCl + NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O

**Bildung durch Auflösen v. Metallen in verdünnten Mineralsäuren** (geht nur, wenn E<sub>red</sub> von H > E<sub>red</sub> von Metall)  
Mn + 2HCl → MnCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>  
Mn + 2HNO<sub>3</sub> → Mn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>  
Mn + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → MnSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>

**Redoxreaktionen:**  
Pb + 2HCl → PbCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>  
Pb + 2HNO<sub>3</sub> → Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>  
Pb + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → PbSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>

**Bei Salzen schwerlöslich → Niederschlag**  
z.B. PbCl<sub>2</sub>, PbSO<sub>4</sub>, PbCO<sub>3</sub>

### Löslichkeit von Salzen

- fast alle Alkalimetallsalze in H<sub>2</sub>O löslich (außer: NaHCO<sub>3</sub>)
- fast alle Nitratsalze leicht löslich (außer: Bismutnitrat (BiONO<sub>3</sub>))
- Erdalkalimetallcarbonate u. -sulfate schwer löslich

**Reizvolle Salzpaaire**  
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → 2NaNO<sub>3</sub> + CaCO<sub>3</sub> ↓  
SrCO<sub>3</sub> + 2HNO<sub>3</sub> → Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ↑  
SrSO<sub>4</sub> + 2HNO<sub>3</sub> → Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Elemente IV. Hauptgr.**  
C, Si, Ge, Sn, Pb → ns<sup>2</sup>p<sup>2</sup>  
→ können bis zu 4e<sup>-</sup> aufnehmen oder abgeben  
→ braucht viel Energie → kovalente Bindungen  
→ Hydroxyverb. v. C, Si, Ge  
sauer, Sn(OH)<sub>2</sub> amphoter  
Pb(OH)<sub>2</sub> basisch

Sn(OH)<sub>2</sub> + 2HCl → SnCl<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O  
Sn(OH)<sub>2</sub> + 2NaOH → Na<sub>2</sub>[Sn(OH)<sub>4</sub>]  
Ge(Sn(OH)<sub>2</sub>)<sub>2</sub> + 2OH<sup>-</sup> + 2Na<sup>+</sup> → Na<sub>2</sub>[Ge(Sn(OH)<sub>4</sub>)] + 2H<sub>2</sub>O

- Diamant: sp<sup>3</sup>, Isolator  
- Graphit: sp<sup>2</sup>, Leiter, 6 Ringe  
- Fulleren C<sub>60</sub>: Fußball aus 5/6 R., sp<sup>2</sup>

**Kohlensäure u. CO<sub>2</sub>**  
CaCO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → CaSO<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O  
C + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> ΔH<sup>o</sup> = -393 kJ/mol  
C + O<sub>2</sub> → CO ΔH<sup>o</sup> = -110 kJ/mol

**CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ⇌ H<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**  
C + 0.5O<sub>2</sub> → C<sup>0</sup>OH  
C + H<sub>2</sub>O → C<sup>0</sup>OH + H<sub>2</sub> "wasseriges"

**2C + O<sub>2</sub> + 4N<sub>2</sub> → 2CO + 4N<sub>2</sub>**  
CO<sub>2</sub> + C → 2CO "Generator gas"  
(Boudouard-Gleichgewicht)  
→ vgl. Russ im Kamin (C)  
→ Komproportionierung  
CO + 2H<sub>2</sub> → CH<sub>3</sub>OH

**2NO + 2CO → N<sub>2</sub> + 2CO<sub>2</sub>**  
(Kat. d. Citroen → Promem)  
Kohlensäure u. CO<sub>2</sub>

**CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ⇌ H<sup>+</sup> + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**  
C + 0.5O<sub>2</sub> → C<sup>0</sup>OH  
C + H<sub>2</sub>O → C<sup>0</sup>OH + H<sub>2</sub> "wasseriges"

**2C + O<sub>2</sub> + 4N<sub>2</sub> → 2CO + 4N<sub>2</sub>**  
CO<sub>2</sub> + C → 2CO "Generator gas"  
(Boudouard-Gleichgewicht)  
→ vgl. Russ im Kamin (C)  
→ Komproportionierung  
CO + 2H<sub>2</sub> → CH<sub>3</sub>OH

**2NO + 2CO → N<sub>2</sub> + 2CO<sub>2</sub>**  
(Kat. d. Citroen → Promem)  
Kohlensäure u. CO<sub>2</sub>



