

T1AB-B Allgemeine und Anorganische Chemie  
**Großgruppen-Übung für B.Sc. Chemie und Biochemie**

Lynen HS, Di 13:00 – 14:00 Uhr

T1AB-N Allgemeine und Anorganische Chemie

**Großgruppen-Übung für Biologen**

Gr. Biologie HS, Mi 12:00 – 13:00 Uhr

**Dr. Jörg Stierstorfer**

[jstch@cup.uni-muenchen.de](mailto:jstch@cup.uni-muenchen.de)

<https://www.cup.lmu.de/ac/stierstorfer/>

**Marios Materis**

M.Materis@campus.lmu.de

## 1. Einfache Mathematik

Quadrieren Sie  $7 \cdot 10^5 = 49 \cdot 10^{10}$   
 $5 \cdot 10^{-5} = 25 \cdot 10^{-10}$

Bestimmen Sie die Quadratwurzel von

$$3,6 \cdot 10^{11} = 36 \cdot 10^{10} = 6 \cdot 10^5$$
$$1,6 \cdot 10^{-9} = 4 \cdot 10^{-5}$$

Bestimmen Sie die Kubikwurzel von

$$0,27 \cdot 10^{-7} = 27 \cdot 10^{-9} = 3 \cdot 10^{-3}$$

**Logarithmus**  $b^x = a \Leftrightarrow x = \log_b(a)$

x: der Exponent

b: die Basis

a: der Potenzwert

**Berechnen Sie**

$$\log_2(8) = 3$$

$$\log_3(81) = 4$$

$$\log_4(1/16) = -2 \quad \text{denn } 4^{-2} = 1/16$$

$$\log_7(7) = 1$$

$$\log_8(1) = 0$$

$$\log_{16}(64) = \log_4(64) / \log_4(16) = \log_4(4^3) / \log_4(4^2) = 3/2$$

## 2. Die Bindungslänge einer C-C Bindung beträgt 154 pm. Wie viele mm sind das?

### Lösung:

$$154 \text{ pm} = 0,154 \text{ nm} = 0,000154 \text{ }\mu\text{m} = 0,000000154 \text{ mm} = 1,54 \cdot 10^{-7} \text{ mm}$$

Dezimal	Potenz	Präfix	Zeichen
0,000 000 000 000 001	$10^{-15}$	Femto	f
0,000 000 000 000 01	$10^{-14}$		
0,000 000 000 000 1	$10^{-13}$		
0,000 000 000 001	$10^{-12}$	Piko	p
0,000 000 000 01	$10^{-11}$		
0,000 000 000 1	$10^{-10}$		
0,000 000 001	$10^{-9}$	Nano	n
0,000 000 01	$10^{-8}$		
0,000 000 1	$10^{-7}$		
0,000 001	$10^{-6}$	Mikro	$\mu$
0,000 01	$10^{-5}$		
0,000 1	$10^{-4}$		
0,001	$10^{-3}$	Milli	m
0,01	$10^{-2}$	Zenti	c
0,1	$10^{-1}$	Dezi	d
1	$10^0$	Eins	

3. Blattgold lässt sich zu extrem dünnen Folien auswälzen. Gelänge es eine Goldfolie herzustellen, die nur 1 Atom dick ist, so wäre diese Folie ca. 500 pm (Pikometer) dick. Welche Schichtdicke hätten 1 Milliarde dieser Folien übereinander?

Lösung: 0,5 m

SILBERLADEN  
metal clay

Alle ▾ Suche... 🔍

Ihr Warenkorb 0,00 EUR 🛒

METAL CLAY SETS **GOLD** WERKZEUG WEITERE NEU IM SHOP METAL CLAY ABC KURSINFO FAQ

(Ausland abweichend)

**38,80 EUR**  
inkl. 20% MwSt. zzgl. [Versand](#)

- 1 +

In den Warenkorb

Jetzt zahlen mit

♥ Auf den Merkzettel

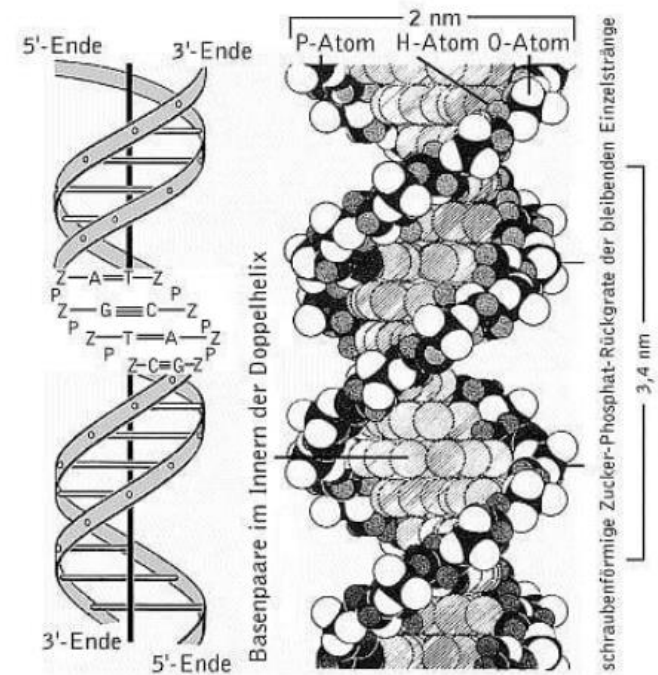
Beschreibung

24 Karat Goldfolie für Keum Boo extrem dick

- 1 Blatt in der Größe von 50 x 35mm
- Stärke/ Dicke 0,014 mm, extra dicke Goldfolie für die Vergoldungstechnik

4. Eine normale menschliche Körperzelle enthält ca. 6.6 Milliarden Basenpaare in der DNA. 1 Basenpaar wiegt ca.  $10^{-21}$  g. Ein Mensch hat ca.  $10^{14}$  dieser Zellen. Wieviel g DNA enthält dann ein Mensch? Und wie lang ist die gesamte DNA wenn 1 Basenpaar 0,34 nm misst?

**Lösung:** Multiplikation ergibt 660 g  
 $2,2 \cdot 10^{11}$  km



Die DNA in einer menschlichen also eukaryotischen Zelle hat eine Länge von etwa 2 m. Ein Mensch besteht aus etwa 100 Billionen Zellen, davon sind 25% Blutzellen, die keinen Zellkern haben. Die Länge der DNA in einem Menschen beträgt also 150 Mrd. km, also 1000mal die Strecke von der Erde zur Sonne (149,6 Mill. km).

Entsprechend würde die DNA von 7 Mill. Menschen (~ Madrid im Jahr 2018) aneinandergereiht eine Länge von etwa 110 000 Lichtjahren erreichen, was mehr als dem Durchmesser unserer Milchstraße (~100 000 Lichtjahre) entspricht.

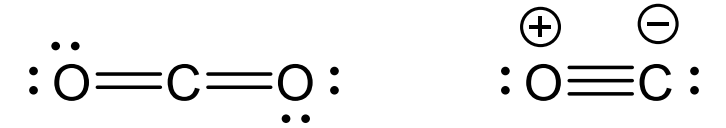
Die Länge der DNA aller Menschen auf der Welt (ca. 7,6 Mrd. im Jahr 2018) kombiniert ergäbe etwa 121 Mill. Lichtjahre, was fast dem Durchmesser des Virgo-Superhaufens (150 bis 200 Mill. Lichtjahre) entspricht.

5. Welcher Masse entspricht 0,5 mol CO<sub>2</sub> und Kohlenmonoxid? Zeichnen Sie eine Strukturformel dieser Verbindungen.

Lösung:

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}; \quad m(\text{CO}_2) = 22,0 \text{ g}$$

$$M(\text{CO}) = 28 \text{ g/mol}; \quad m(\text{CO}) = 14,00 \text{ g}$$



1 H							2 He
1							4
3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
7	9	11	12	14	16	19	20
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
23	24	27	28	31	32	35	40

6. Bei einem kleinen Barbecue benötigen Sie 2 kg Kohle (wir nehmen an diese besteht aus reinem Kohlenstoff). Wieviel Kilo und Liter CO<sub>2</sub> produzieren Sie dabei.

**Lösung:**

$$M(\text{CO}_2) / M(\text{C}) = x / 2 \text{ kg} = 48 * 2 / 12 = 8 \text{ kg}$$

$$n = m / M = 8000 \text{ g} / 48 \text{ g mol}^{-1} = 166,66 \text{ mol}$$

$$V = n * V_m = 166,66 \text{ mol} * 22,4 \text{ Liter} = \mathbf{3733,3 \text{ Liter}}$$



**7. Natrium reagiert mit Wasser zu Wasserstoff und Natronlauge (NaOH). a) Stellen Sie die korrekte Reaktionsgleichung auf. b) Welche Aussagen über die Enthalpie und Entropie dieser Reaktion können Sie treffen? c) Berechnen Sie die molare Masse von Natriumhydroxid?**

**Lösung:**a)  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$

b) Entropie bleibt gleich, Enthalpie ist negativ, Reaktion läuft freiwillig

c)  $\sum M = 23 + 1 + 16 = 40 \text{ g/mol}$

[https://www.youtube.com/watch?v=0YNslaSbFdg&ab\\_channel=NileRedShorts](https://www.youtube.com/watch?v=0YNslaSbFdg&ab_channel=NileRedShorts)



**8. Verdünnungen: 8 g NaOH sind in 200 mL Wasser gelöst. Wie hoch ist die Konzentration ( $c_1$ )? Anschließend wird mit 800 mL Wasser verdünnt. Wie hoch ist dann die Konzentration  $c_2$ ? Wie viele mg NaOH sind in 50 mL dieser Lösung enthalten?**

**Lösung:**  $c = n / V$  und  $c_1 * V_1 = c_2 * V_2$

$$n = 8 \text{ g} / 40 \text{ g mol}^{-1} = 0,2 \text{ mol}$$

$$c_1 = 0,2 \text{ mol} / 0,2 \text{ L} = 1 \text{ mol/L}$$

$$c_1 * V_1 = c_2 * V_2 \rightarrow c_2 = c_1 * V_1 / V_2 = 1 \text{ mol/L} * 0,2 \text{ L} / 1 \text{ L} = 0,2 \text{ mol/L}$$

$$m(\text{NaOH}) = 8 \text{ g} * 0,05 \text{ L} = 0,40 \text{ g} = 400 \text{ mg}$$

9. Sie wollen 100mL eines Destillats (z.B. Strohrum) von 75% (v/v) auf 40% verdünnen. Wieviel Wasser benötigen Sie?

Lösung:

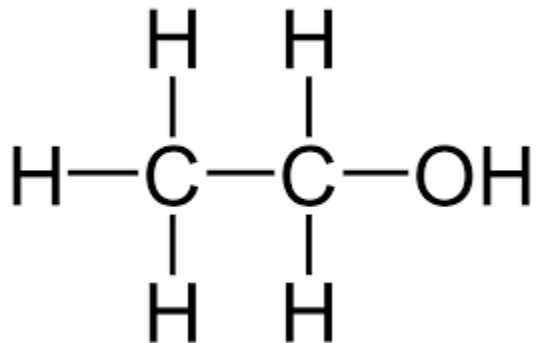
$$c_1 * V_1 = c_2 * V_2 \rightarrow V_2 = = 75 * 0,1 \text{ L} / 40 = 0,1875 \text{ L}$$

$$V = V_2 - V_1 = 87,5 \text{ mL}$$



**10. Welche Konzentration hat 70%(v/v) Ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O)? Reiner Alkohol hat eine Dichte von 0,79 kg/L.**

**Lösung:** 700mL Ethanol entsprechen (Multiplikation mit Dichte) = 553 g  
 $n = m/M = 553 \text{ g} / M(\text{Ethanol}, 46 \text{ g/mol}) = 12,0 \text{ mol/L}$



Branntweinsteuer BRD: Pro Liter reinen Alkohol werden 13,03 Euro erhoben.

**11. Erläutern sie:**

**a. Welche thermodynamische Energie-Größe drückt die Spontanität einer chemischen Reaktion aus?**

**b. Unter welchen Voraussetzungen kann eine endotherme Reaktion spontan ablaufen?**

**Lösung:**

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

$\Delta G < 0$ : exergonisch (spontan)

$\Delta G > 0$ : endergonisch

b) Nur bei hohen Temperaturen oder wenn Entropie S stark zunimmt

**12. Welche Wärmemenge wird freigesetzt, wenn 1 g Hydrazin (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) verbrennt?**



**Lösung:**

$$M(\text{N}_2\text{H}_4) = 2 \cdot 14,007 \text{ g mol}^{-1} + 4 \cdot 1,0079 \text{ g mol}^{-1} = 32,0456 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n = m/M = 1 \text{ g} / 32,0456 \text{ g mol}^{-1} = 0.03121 \text{ mol}$$

$$Q = n \cdot \Delta H = 0.03121 \text{ mol} \cdot -622,4 \text{ kJ mol}^{-1} = -19,43 \text{ kJ}$$

13. Die Zersetzung von Natriumazid verläuft nach:



Wie groß ist der  $\Delta H$ -Wert, um 1,50 kg  $\text{N}_2$  zu erhalten?

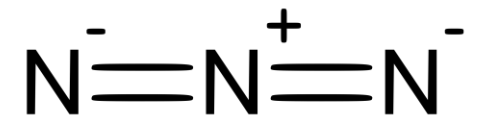
**Lösung:**

für  $\text{N}_2$  ist  $M = 2 \cdot 14,007 \text{ g mol}^{-1} = 28,014 \text{ g mol}^{-1}$

$n = m / M = 1500 \text{ g} / 28,014 \text{ g mol}^{-1} = 53,54 \text{ mol}$

Bildung von 3 mol  $\text{N}_2$ :  $42,7 \text{ kJ mol}^{-1}$

Bildung von 53,54 mol  $\text{N}_2$ :  $42,7 \text{ kJ} \cdot 53,54/3 = 762,1 \text{ kJ mol}^{-1}$



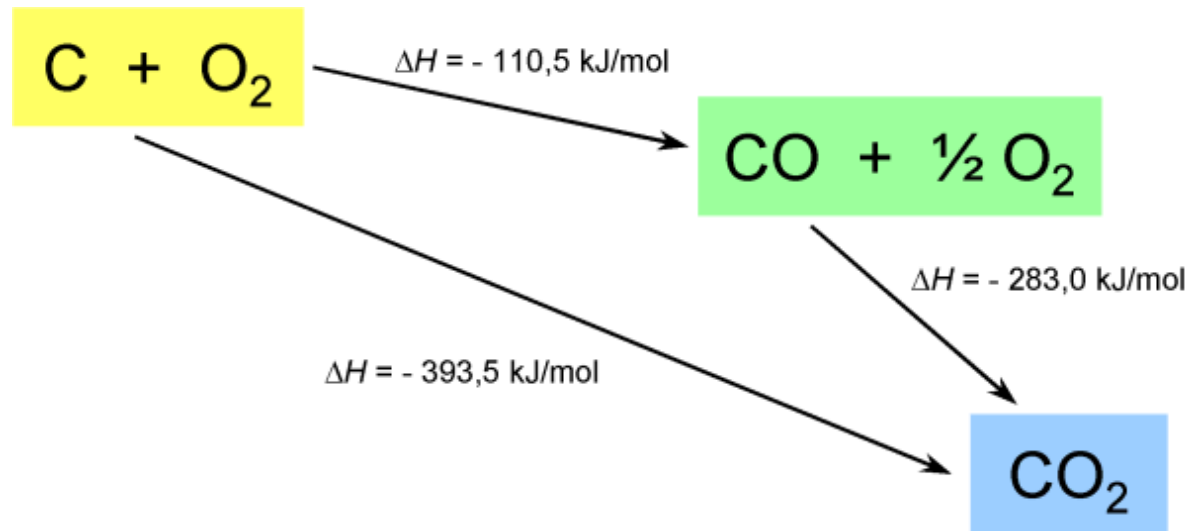
Synthese Bleiazid:



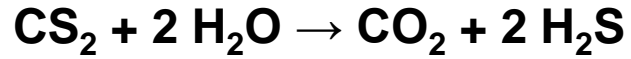
## 14. Was beschreibt der Satz von Hess?

### Lösung:

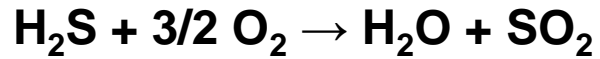
**z.B.** Der Satz von Hess besagt, dass der Weg einer chemischen Reaktion keinen Einfluss auf die Reaktionsenthalpie der Gesamtreaktion hat. Die Reaktionsenthalpie der Gesamtreaktion ist somit auch von der Anzahl der Teilreaktionen unabhängig. Die Enthalpieänderung der gesamten Reaktion ist die Summe der Reaktionsenthalpie der einzelnen Teilreaktionen.



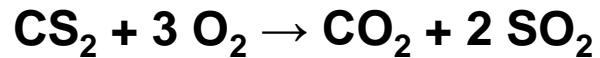
15. Berechnen Sie  $\Delta H$  für die Reaktion



mit Hilfe der Gleichungen:

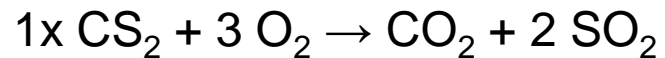


$$\Delta H = -562,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$

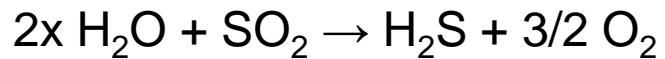


$$\Delta H = -1075,2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

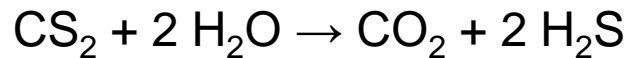
Lösung:



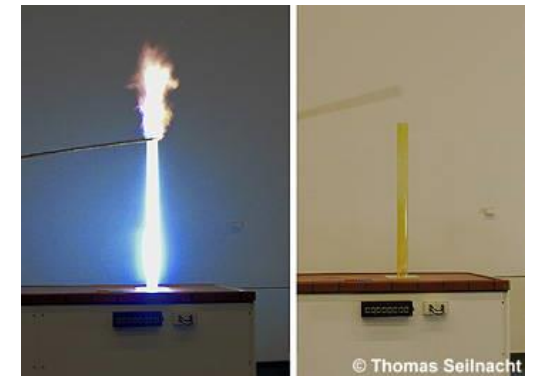
$$-1075,2 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$2 \cdot +562,6 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$\Delta H = +50,0 \text{ kJ mol}^{-1}$$



Versuch: Bellender Hund





**16. Berechnen Sie die Standard-Bildungsenthalpie für Calciumcyanamid (CaCN<sub>2</sub>), mit Hilfe folgender Angaben:**



**Lösung:**

$$\Delta H^\circ(\text{Reaktion}) = \Sigma(\Delta H^\circ(\text{Produkte})) - \Sigma(\Delta H^\circ(\text{Edukte}))$$

$$+90,1 \text{ kJ mol}^{-1} = (\Delta H^\circ(\text{CaCN}_2) + 3 \cdot -241,8 \text{ kJ mol}^{-1}) - (-1206,3 \text{ kJ mol}^{-1} + 2 \cdot -46,19 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$(\Delta_{\text{f}}H^\circ(\text{CaCN}_2) = +90,1 \text{ kJ mol}^{-1} - 3 \cdot -241,8 \text{ kJ mol}^{-1}) + (-1206,3 \text{ kJ mol}^{-1} + 2 \cdot -46,19 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$815,5 \text{ kJ mol}^{-1} \quad + \quad (-1298,68 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$\Delta_{\text{f}}H^\circ(\text{CaCN}_2) = -483,18 \text{ kJ mol}^{-1}$$

## **2. Übung:**

**Mathematik, Kinetik, Bohrsches Atommodell**

1. **Mathematik, Basics Differentiale:**

**Leiten Sie zweimal ab!**

a)  $f(x) = 5x^4 - 4x^3 + 3x^2 - 2x + 6$

b)  $f(x) = 2x^{-2} + 4x^{-6}$

c)  $f(x) = 3x^{2/3} - x^{7/8}$

d)  $f(x) = \sqrt[3]{x} - 9\sqrt[4]{x^3}$

e)  $f(x) = \frac{1}{x^2}$

**Lösung:**

a)  $f'(x) = 20x^3 - 12x^2 + 6x - 2$

$f''(x) = 60x^2 - 24x + 6$

b)  $f'(x) = -4x^{-3} - 24x^{-7}$

$f''(x) = 12x^{-4} + 148x^{-8}$

c)  $f'(x) = 2/3 \cdot 3x^{2/3-1} - 7/8 \cdot x^{7/8-1} = 2 \cdot x^{-1/3} - 7/8 \cdot x^{-1/8}$

$f''(x) = -2/3 \cdot x^{-4/3} + 7/64 \cdot x^{-9/8}$

d)  $f(x) = x^{1/3} - 9 \cdot x^{3/4}$

$f'(x) = 1/3 \cdot x^{-2/3} - 27/4 \cdot x^{-1/4}$

$f''(x) = -2/9 \cdot x^{-5/3} + 27/16 \cdot x^{-5/4}$

e)  $f(x) = x^{-2}$

$f'(x) = -2 \cdot x^{-3}$

$f''(x) = 6 \cdot x^{-4}$

## 2. Mathematik, Basics, Integrale

Berechnen Sie die folgenden bestimmten Integrale.

$$\text{a) } \int_0^4 x^2 + 2x \, dx = \left[ \frac{x^3}{3} + x^2 \right]_0^4 = \frac{64}{3} + 16 - 0 = \frac{112}{3} = 37 \frac{1}{3}$$

$$\text{b) } \int_1^2 5 - \frac{2}{x^2} \, dx = \left[ 5x + \frac{2}{x} \right]_1^2 = \left( 10 + \frac{2}{2} \right) - \left( 5 + 2 \right) = 4$$

$$\text{c) } \int_0^3 \sqrt{x} \, dx = \left[ \frac{2}{3} \cdot x^{\frac{3}{2}} \right]_0^3 = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{27} - 0 = 2 \cdot \sqrt{3}$$

$$\begin{aligned} \text{d) } \int_1^2 (x^2 + 1) \cdot \sqrt{x} \, dx &= \int_1^2 x^{\frac{5}{2}} + x^{\frac{1}{2}} \, dx = \left[ \frac{2}{7} \cdot x^{\frac{7}{2}} + \frac{2}{3} \cdot x^{\frac{3}{2}} \right]_1^2 = \\ & \left( \frac{16\sqrt{2}}{7} + \frac{4\sqrt{2}}{3} \right) - \left( \frac{2}{7} + \frac{2}{3} \right) = \frac{76\sqrt{2} - 20}{21} \end{aligned}$$

3. Erstellen Sie die entsprechenden Reaktionsgleichungen. Kennzeichnen Sie durch Pfeile die Richtung, in die sich das Gleichgewicht infolge der angegebenen Änderung verlagert!

(1) Kohlenstoff reagiert mit Wasser zu Kohlenmonoxid und Wasserstoff.

(2) Stickstoff und Wasserstoff reagieren zu Ammoniak.

(3) Kohlenstoffmonoxid und Wasser reagieren zu Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff.

(4) Kohlenstoffdioxid und Kohlenstoff reagieren zu Kohlenstoffmonoxid.

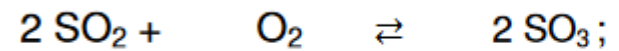
Reaktionsgleichung	$\Delta H$ in kJ/mol	Verschiebung bei Erhöhung ....	
		...der Temperatur	.....der Konzentration an
(1) $C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2$	+ 175,4	$\longrightarrow$	$H_2O \longrightarrow$
(2) $N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$	- 92,0	$\longleftarrow$	$H_2 \longrightarrow$
(3) $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$	- 2,9	$\longleftarrow$	$CO \longrightarrow$
(4) $CO_2 + C \rightleftharpoons 2 CO$	+ 172,4	$\longrightarrow$	$CO \longleftarrow$

#### 4. Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichtskonstante

Formulieren Sie für folgenden Gleichgewichtsreaktion jeweils die Reaktionsgleichung und das Massenwirkungsgesetz!

Schwefeldioxid wird durch Luftsauerstoff zu Schwefeltrioxid oxidiert.

Lösung:



$$K = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2) \cdot c(\text{O}_2)}$$

5. Für die Reaktion  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 (\text{g})$  wurden bei  $25^\circ\text{C}$  folgende Konzentrationen für ein im Gleichgewicht befindliches Gemisch gefunden:

$$c(\text{N}_2\text{O}_4) = 4,27 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$c(\text{NO}_2) = 1,41 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Wie groß ist  $K_c$  bei  $25^\circ\text{C}$ ?

Lösung:

$$K_c = c^2(\text{NO}_2) / c(\text{N}_2\text{O}_4) = (1,41 \cdot 10^{-2})^2 \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2} / 4,27 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$
$$= 4,66 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

6. Die Spaltung von Bromethan zu Ethen und HBr an einem Zinkkatalysator ist eine Reaktion 0.

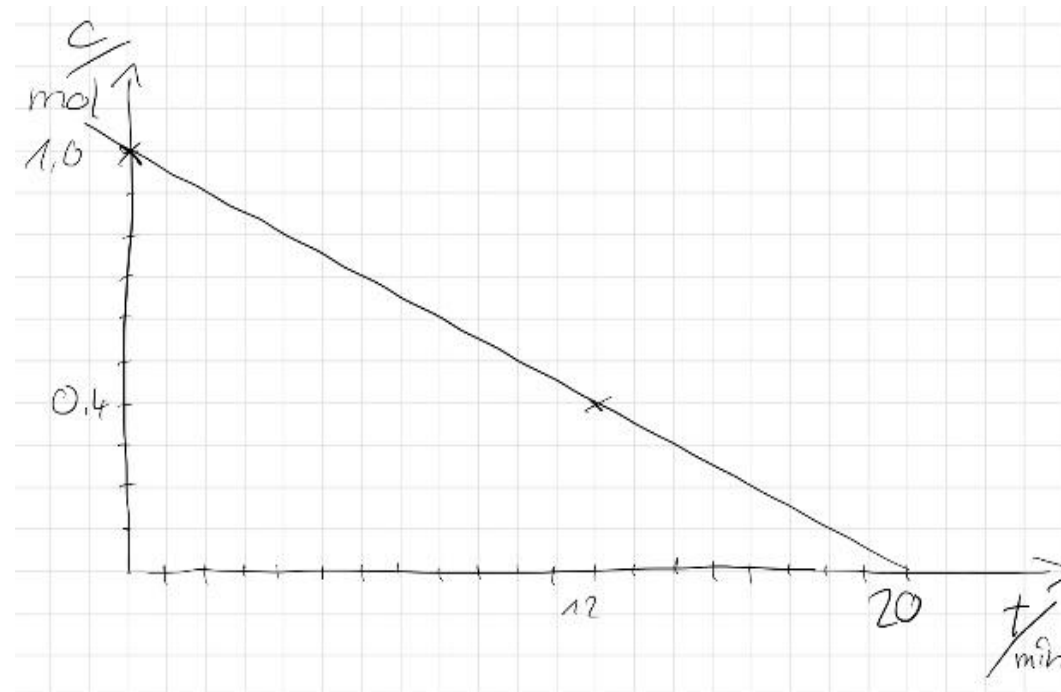
Ordnung:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{HBr}$

Nach 12 min sind von anfänglich einem Mol Brommethan, noch 0,4 Mol vorhanden.

*Zeichnen Sie ein Konzentrations-Zeit-Diagramm (y-Achse: c; x: Achse: t) dieser Reaktion. Wann ist kein Brommethan mehr vorhanden?*

**Lösung:**

12 min / 0,6 = **20 min**





7. Die Halbwertszeit des radioaktiven Zerfalls von  $^{14}\text{C}$  (ein Prozess erster Ordnung) beträgt 5730 Jahre. In einer archäologischen Probe fand man Holz, welches nur noch 72% des  $^{14}\text{C}$  Gehalts von lebenden Bäumen aufwies. Wie alt ist das Fundstück?

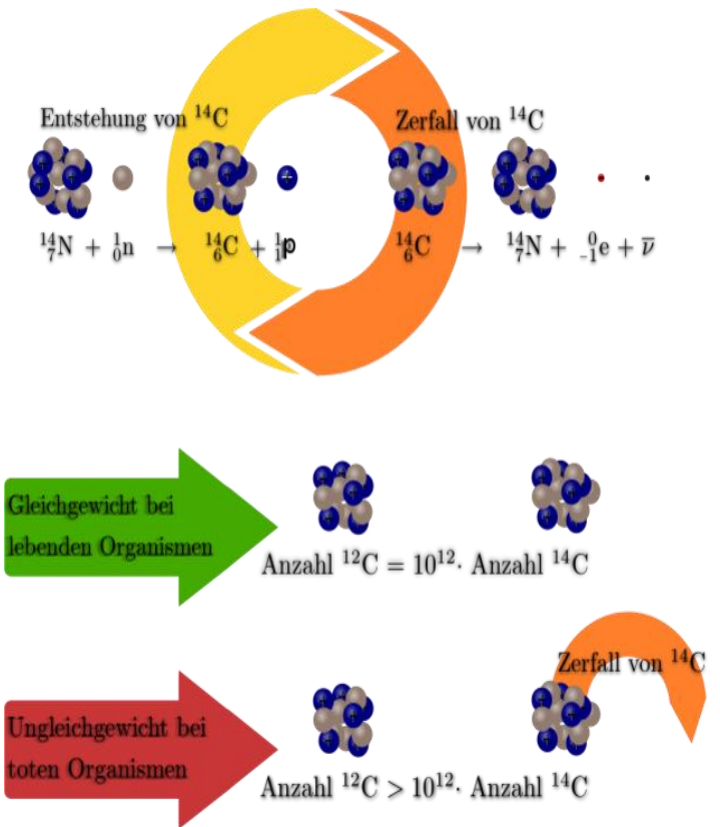
**Lösung:**

Erste Ordnung  $\frac{d[^{14}\text{C}]}{dt} = -k [^{14}\text{C}]$

$$[^{14}\text{C}] = [^{14}\text{C}]_0 e^{-k t} \rightarrow \ln \frac{[^{14}\text{C}]}{[^{14}\text{C}]_0} = -k t \rightarrow \ln \frac{[^{14}\text{C}]_0}{[^{14}\text{C}]} = k t$$

$$k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad a = \text{Jahr}$$

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{[^{14}\text{C}]_0}{[^{14}\text{C}]} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{[^{14}\text{C}]_0}{[^{14}\text{C}]} = \frac{5730 \text{ a}}{\ln 2} \ln \frac{[1,00]}{[0,72]} = 2720 \text{ a}$$



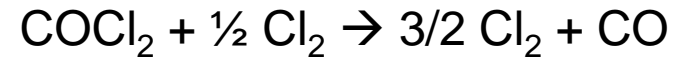
**8. Wir betrachten erneut eine Reaktion erster Ordnung. Anfangskonzentration = 0,5 mol. Halbwertszeit = 40s. Welche Konzentration liegt nach 70 s vor?**

**Lösung:**  $k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{40\text{s}} = 0,01733 \text{ s}^{-1}$

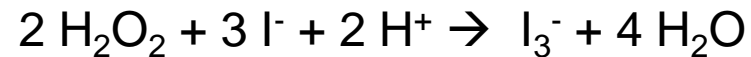
$$[c] = [c]_0 e^{-k t} = 0,5 \text{ mol} * e^{-0,01733 * 70} = 0,5 \text{ mol} * 0,2972 = 0,149 \text{ mol}$$

## 9. Geben Sie ein Beispiel an für eine Reaktion mit einer Reaktionsordnung von 1.5

**Lösung:** Autokatalytischer Phosgenzerfall

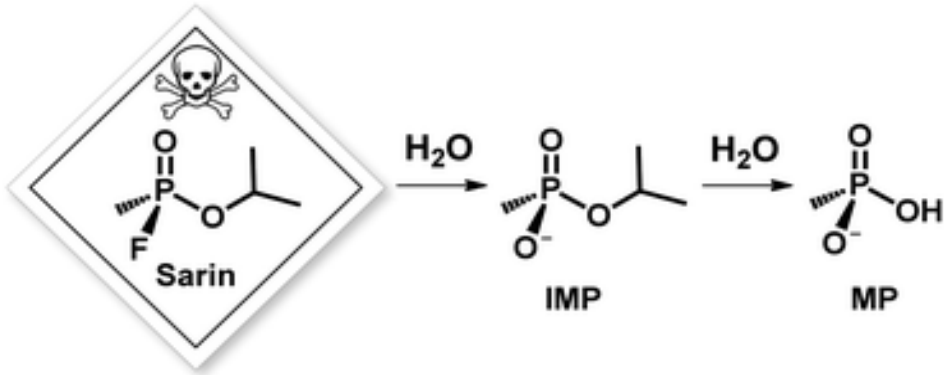


Eine weitere klassische Reaktion mit einer Reaktionsordnung von 1,5 ist die Reaktion zwischen Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) und Jodid-Ionen ( $\text{I}^-$ ) unter sauren Bedingungen:



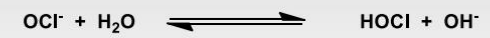
# 10. Die Reaktionsgeschwindigkeit der Sarin-Hydrolyse verläuft unter welchen Bedingungen schnell, langsam, mittel?

**Lösung:** Geschwindigkeit: alkalisch > sauer > neutral



Hydrolyse von Sarinlösungen ( $10^{-3}$  M) bei verschiedenen pH-Werten

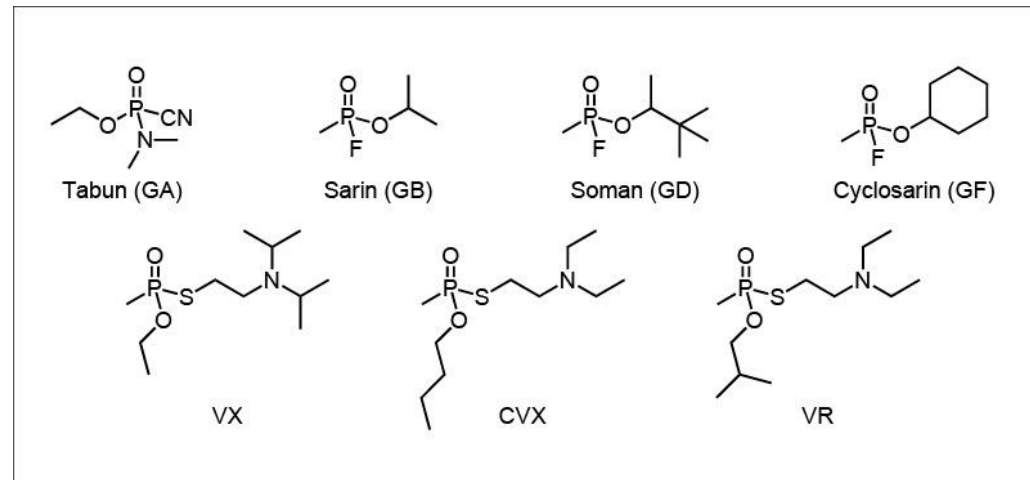
Hydrolyse	Hydrolysezeit in min				
	pH 1	pH 3	pH 5..6	pH 9.5	pH 11.5
1%	2	15	120	0.14	0.003
99%	100	6000	$10^5$	66	1.3



Phosphonsäureester

Cholinesteraseinhibitor

Tödliche orale Dosis:  
1,65 mg bei einer 75 kg schweren Person



11. Bohrsches Atommodell:  $n$  ist die Hauptquantenzahl. Der Atomradius  $r$  ist proportional zu  $n^x$ . Die Energie  $E$  ist proportional zu  $n^y$ . Welche Werte besitzen  $x$  und  $y$ ?

**Lösung:** Beides ist exponentiell abhängig.

$$x = 2$$

$$y = -2$$

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Plancksches Wirkungsquantum

$$v = \frac{nh}{2\pi mr}$$

$$F_C = -F_Z: \quad \frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{mit: } v = \frac{nh}{2\pi mr}$$

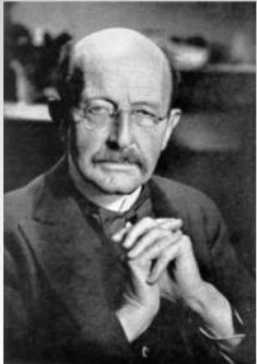
$$\Rightarrow \frac{mn^2 h^2}{r 4\pi^2 m^2 r^2} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2}$$

$$r = n^2 * 0.53 \text{ \AA} \quad r \sim n^2$$

Lichtquanten

$$E = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} = -\frac{e^4 m}{8h^2 \epsilon_0^2} \frac{1}{n^2}$$

1900, Planck:



Max Planck (1858-1947)

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$c = \lambda\nu$$

$$\Delta E = -\frac{me^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \left[ \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right]$$

## **3. Übung:**

**Atombau, Trends im Periodensystem & Stofftrennung**

	<b>Legende</b>																		
	Symbol      schwarz = Feststoff blau = Flüssigkeit rot = Gas grau = unbekannt unterstrichen = radioaktiv Dichte rot = kg / m <sup>3</sup> schwarz = kg / dm <sup>3</sup> grau = unbestimmt																		
	Serie (Flächenfarbe) Alkalimetalle      Metalle Erdalkalimetalle      Halbmetalle Übergangsmetalle      Nichtmetalle Lanthanoide      Halogene Actinoide      Edelgase unbekannt																		
	Ordnungszahl      Atomgewicht Symbol      Name Elektronegativität      Dichte      Serie																		
	Schraffur durchgehend = natürliches Element schraffiert = künstliches Element																		
	<b>Gruppe</b>																		
	1      2      13      14      15      16      17      18																		
1	1 1,008 <b>H</b> Wasserstoff 2,2      0,09																	2 4,0026 <b>He</b> Helium —      0,18	
2	3 6,94 <b>Li</b> Lithium 0,98      0,53	4 9,0122 <b>Be</b> Beryllium 1,57      1,85																	10 20,180 <b>Ne</b> Neon —      0,90
3	11 22,990 <b>Na</b> Natrium 0,93      0,97	12 24,305 <b>Mg</b> Magnesium 1,31      1,74																	18 39,948 <b>Ar</b> Argon —      1,78
4	19 39,098 <b>K</b> Kalium 0,82      0,86	20 40,078 <b>Ca</b> Calcium 1,0      1,55	21 44,956 <b>Sc</b> Scandium 1,36      2,98	22 47,867 <b>Ti</b> Titan 1,54      4,50	23 50,942 <b>V</b> Vanadium 1,63      6,11	24 51,996 <b>Cr</b> Chrom 1,66      7,14	25 54,938 <b>Mn</b> Mangan 1,55      7,43	26 55,845 <b>Fe</b> Eisen 1,83      7,87	27 58,933 <b>Co</b> Cobalt 1,88      8,90	28 58,693 <b>Ni</b> Nickel 1,91      8,91	29 63,546 <b>Cu</b> Kupfer 1,90      8,92	30 65,380 <b>Zn</b> Zink 1,65      7,14	31 69,723 <b>Ga</b> Gallium 1,81      5,90	32 72,630 <b>Ge</b> Germanium 2,01      5,32	33 74,922 <b>As</b> Arsen 2,18      5,73	34 78,971 <b>Se</b> Selen 2,55      4,82	35 79,904 <b>Br</b> Brom 2,96      3,12	36 83,798 <b>Kr</b> Krypton 3,0      3,75	
5	37 85,468 <b>Rb</b> Rubidium 0,82      1,53	38 87,62 <b>Sr</b> Strontium 0,95      2,63	39 88,906 <b>Y</b> Yttrium 1,22      4,47	40 91,224 <b>Zr</b> Zirkonium 1,33      6,50	41 92,906 <b>Nb</b> Niob 1,6      8,57	42 95,95 <b>Mo</b> Molybdän 2,16      10,28	43 96,906 <b>Tc</b> Technetium 1,9      11,50	44 101,07 <b>Ru</b> Ruthenium 2,2      12,37	45 102,91 <b>Rh</b> Rhodium 2,28      12,45	46 106,42 <b>Pd</b> Palladium 2,20      12,02	47 107,87 <b>Ag</b> Silber 1,93      10,49	48 112,41 <b>Cd</b> Cadmium 1,69      8,64	49 114,82 <b>In</b> Indium 1,78      7,31	50 118,71 <b>Sn</b> Zinn 1,96      7,26	51 121,76 <b>Sb</b> Antimon 2,05      6,70	52 127,60 <b>Te</b> Tellur 2,1      6,25	53 126,90 <b>I</b> Iod 2,66      4,94	54 131,29 <b>Xe</b> Xenon 2,6      5,90	
6	55 132,91 <b>Cs</b> Caesium 0,79      1,90	56 137,33 <b>Ba</b> Barium 0,89      3,59	57 138,91 <b>La</b> Lanthan 1,10      6,15	58–71 siehe unten	72 178,49 <b>Hf</b> Hafnium 1,3      13,3	73 180,95 <b>Ta</b> Tantal 1,5      16,65	74 183,84 <b>W</b> Wolfram 2,36      19,25	75 186,21 <b>Re</b> Rhenium 1,9      21,0	76 190,23 <b>Os</b> Osmium 2,2      22,6	77 192,22 <b>Ir</b> Iridium 2,28      22,56	78 195,08 <b>Pt</b> Platin 2,28      21,45	79 196,97 <b>Au</b> Gold 2,54      19,32	80 200,59 <b>Hg</b> Quecksilber 2,0      13,55	81 204,38 <b>Tl</b> Thallium 1,62      11,85	82 207,20 <b>Pb</b> Blei 2,33      11,35	83 208,98 <b>Bi</b> Bismut 2,02      9,75	84 209,98 <b>Po</b> Polonium 2,0      9,20	85 209,99 <b>At</b> Astat 2,2      ?	86 222,02 <b>Rn</b> Radon —      9,73
7	87 223,03 <b>Fr</b> Francium 0,7      ?	88 226,03 <b>Ra</b> Radium 0,9      5,5	89 227,03 <b>Ac</b> Actinium 1,1      10,1	90–103 siehe unten	104 267,12 <b>Rf</b> Rutherfordium ?	105 270,13 <b>Db</b> Dubnium ?	106 269,13 <b>Sg</b> Seaborgium ?	107 270,13 <b>Bh</b> Bohrium ?	108 269,13 <b>Hs</b> Hassium ?	109 278,16 <b>Mt</b> Meitnerium ?	110 281,17 <b>Ds</b> Darmstadtium ?	111 281,17 <b>Rg</b> Roentgenium ?	112 285,18 <b>Cn</b> Copernicium ?	113 286,18 <b>Nh</b> Nihonium ?	114 289,19 <b>Fl</b> Flerovium ?	115 289,20 <b>Mc</b> Moscovium ?	116 293,20 <b>Lv</b> Livermorium ?	117 293,21 <b>Ts</b> Tenness ?	118 294,21 <b>Og</b> Oganesson ?



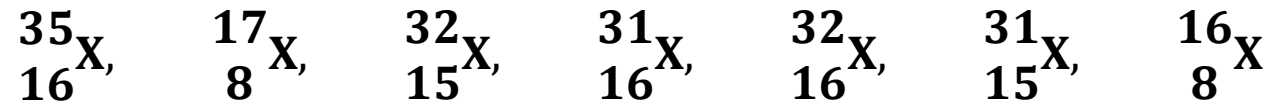
Lanthanoide

58 140,12 <b>Ce</b> Cer 1,12      6,77	59 140,91 <b>Pr</b> Praseodym 1,13      6,48	60 144,24 <b>Nd</b> Neodym 1,14      7,01	61 144,91 <b>Pm</b> Promethium —      7,22	62 150,36 <b>Sm</b> Samarium 1,17      7,54	63 151,96 <b>Eu</b> Europium —      5,25	64 157,25 <b>Gd</b> Gadolinium 1,2      7,89	65 158,93 <b>Tb</b> Terbium —      8,25	66 162,50 <b>Dy</b> Dysprosium 1,22      8,55	67 164,93 <b>Ho</b> Holmium 1,23      8,78	68 167,26 <b>Er</b> Erbium 1,24      9,05	69 168,93 <b>Tm</b> Thulium 1,25      9,32	70 173,05 <b>Yb</b> Ytterbium —      6,97	71 174,97 <b>Lu</b> Lutetium 1,27      9,84
--	--	---	--	---	--	--	---	---	--	---	--	---	---

Actinoide

90 232,04 <b>Th</b> Thorium 1,3      11,72	91 231,04 <b>Pa</b> Protactinium 1,5      15,4	92 238,03 <b>U</b> Uran 1,38      18,95	93 237,05 <b>Np</b> Neptunium 1,36      20,45	94 244,06 <b>Pu</b> Plutonium 1,28      19,82	95 243,06 <b>Am</b> Americium 1,3      13,67	96 247,07 <b>Cm</b> Curium 1,3      13,51	97 247,07 <b>Bk</b> Berkelium 1,3      14,78	98 251,08 <b>Cf</b> Californium 1,3      15,1	99 252,08 <b>Es</b> Einsteinium 1,3      ?	100 257,10 <b>Fm</b> Fermium 1,3      ?	101 258,10 <b>Md</b> Mendelevium 1,3      ?	102 259,10 <b>No</b> Nobelium 1,3      ?	103 262,11 <b>Lr</b> Lawrencium —      ?
--	--	---	---	---	--	---	--	---	--	---	---	--	--

1. Welche der folgenden Atome sind Isotope desselben Elements? Um welche Elemente handelt es sich jeweils?



Lösung:

S      O      P      S      S      P      O



**2. Natürlich vorkommendes Magnesium hat folgende Isotopenhäufigkeiten:**

**$^{24}\text{Mg}$  Atommasse = 23.98504 u    78.99 %**

**$^{25}\text{Mg}$  Atommasse = 24.98584 u    10.00 %**

**$^{26}\text{Mg}$  Atommasse = 25.98259 u    11.01 %**

**Welche durchschnittliche Atommasse hat Mg?**

**Lösung:**

$$1\text{u} = 1,660 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1/12 \text{ C}$$

$$m(\text{av})_{\text{Mg}} = 23,98504 \cdot 0,7899 + 24,98584 \text{ u} \cdot 0,1 + 25,98259 \text{ u} \cdot 11,01 = 24,30505 \text{ u}$$

**3. Silber mit einer mittleren Atommasse von 107.868 kommt als Gemisch zweier Isotope vor. Eines der Isotope ist  $^{107}\text{Ag}$  (106.906 u) mit 51.88%. Welches ist das zweite Isotop?**

**Lösung:**

$$A_r = 0.5188 \cdot 106.906 + (1 - 0.5188) \cdot X = 107.868$$

$$55.463 + 0.4812 \cdot X = 107.868$$

$$X = (107.868 - 55.463) / 0.4812$$

$$X = 108.905$$

$^{109}\text{Ag}$

#### 4. Ergänzen Sie folgende Tabelle:

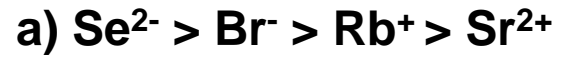
Lösung:

Symbol	Z	A	Protonen	Neutronen	Elektronen
Pu	94	244	94	150	94
Sn	50	120	50	<b>70</b>	<b>50</b>
Bi	83	<b>209</b>	83	126	83
U	<b>92</b>	<b>235</b>	92	143	92
Sc <sup>3+</sup>	21	45	21	<b>24</b>	18
O <sup>2-</sup>	<b>8</b>	16	8	<b>8</b>	<b>10</b>
N <sup>3-</sup>	<b>7</b>	14	7	<b>7</b>	<b>10</b>



**5. Sagen Sie den größten und den kleinsten Radius in folgenden Reihen voraus und begründen Sie kurz Ihre Aussage:**

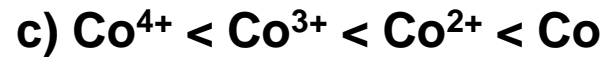
**Lösung:**



Anionen haben größeren Radius



Je höher die positive Ladung desto kleiner der Radius



**6. Wählen Sie die passende Antwort und begründen Sie diese kurz:**

- a) Der größte Radius: Na<sup>+</sup>, Ne, **F<sup>-</sup>**                      Anionen sind größer
- b) Das größte Volumen: S<sup>2-</sup>, Se<sup>2-</sup>, **Te<sup>2-</sup>**                      Innerhalb der Gruppe steigt der Radius
- c) Höchste Ionisierungsenergie: Na, Mg, **Al**                      je größer das Element desto geringer I<sub>e</sub>
- d) Größter Energiebedarf, um ein Elektron zu entfernen: Fe, Fe<sup>2+</sup>, **Fe<sup>3+</sup>**
- e) Höchste Elektronenaffinität: O, **F**, Ne
- f) Kleinster Radius: Sc, Ti, **V**                      innerhalb der Periode nimmt Kernladung zu
- g) Das größte Volumen: S<sup>2-</sup>, Ar, Ca<sup>2+</sup>                      S<sup>2-</sup>
- h) Niedrigste Ionisierungsenergie: K, Rb, **Cs**
- i) Höchste Elektronegativität: **N**, P, As
- j) Höchste Elektronegativität nach Pauling: P, S, **Cl**, Ar

## 7. Wie nennt man ein heterogenes Gemisch, das aus einer

a) festen und einer flüssigen Phase

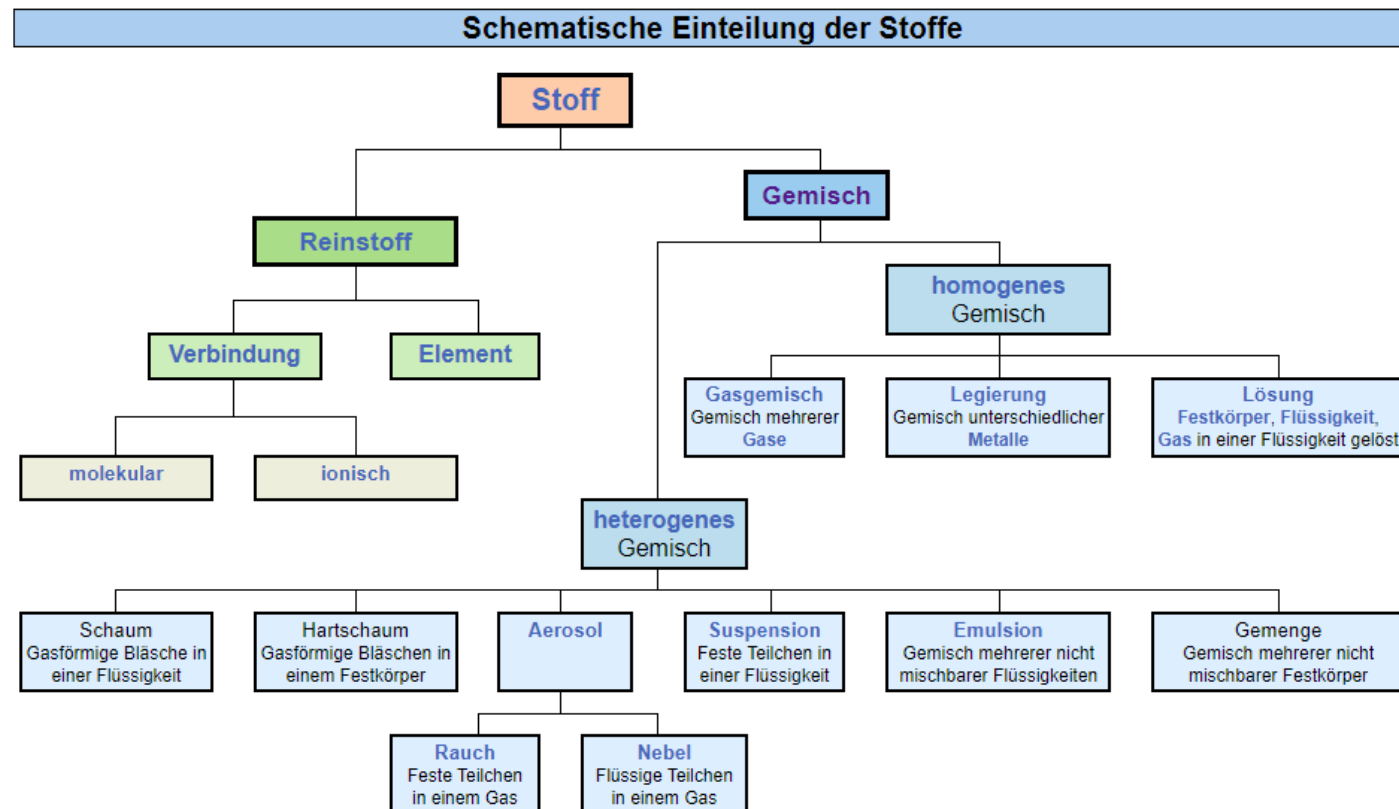
Suspension

b) festen und gasförmigen Phase

Aerosol (Rauch)

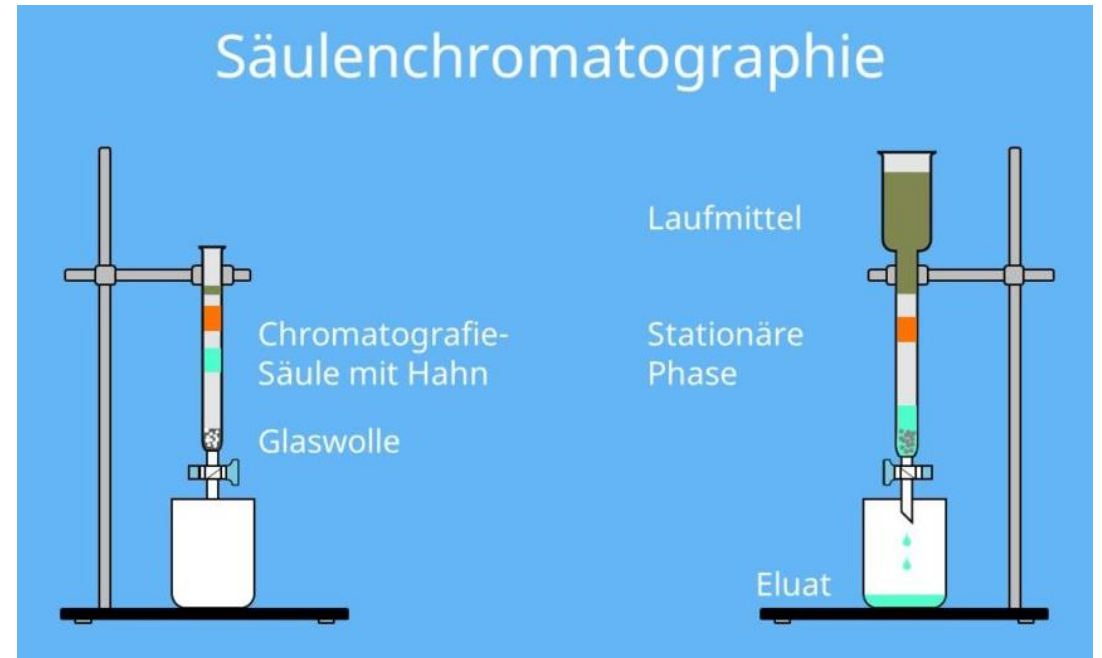
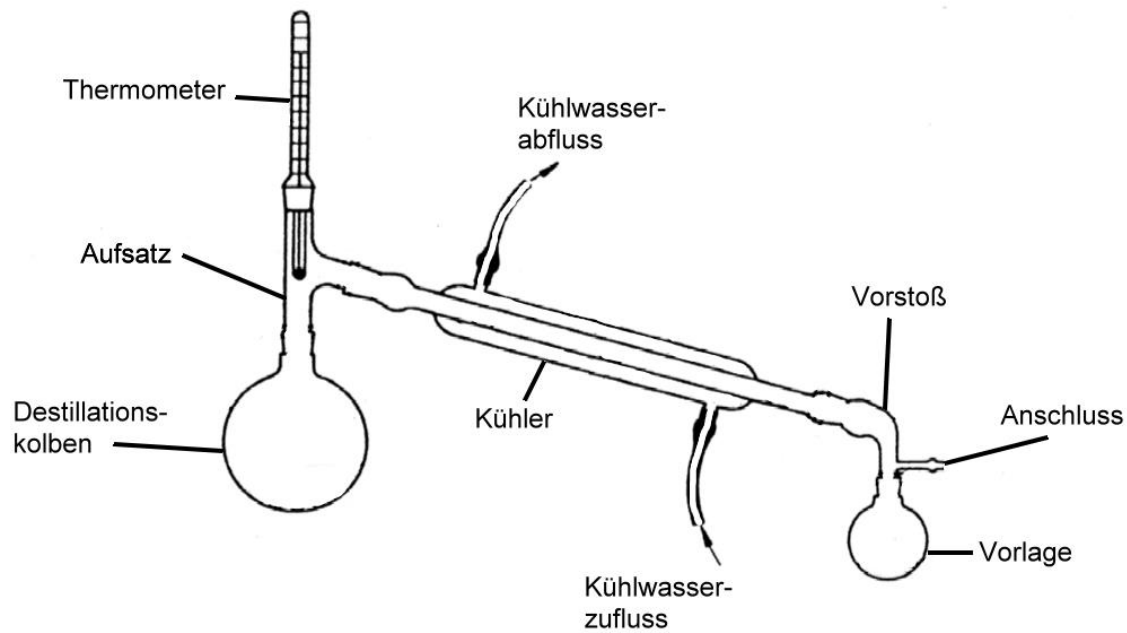
besteht?

# Stoffeinteilung



**8. Nennen Sie zwei Methoden mit denen man ein homogenes Gemisch trennen kann und die dazugehörige physiko-chemische Eigenschaft auf der die Trennung basiert.**

- z.B. Destillation (Siedepunkt, Dampfdruck)  
Chromatographie (Polarität)





# **Anorganische Experimentalchemie**

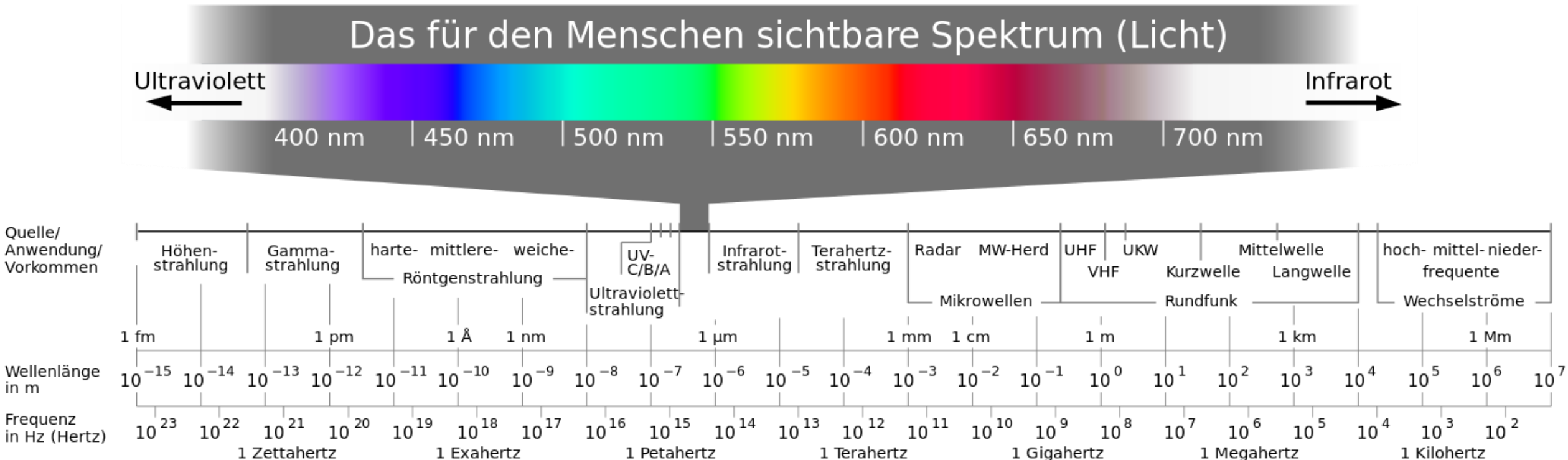
## **4. Übung**

### **Elektronenstruktur, Relativistik & Kernchemie**

1. Ordnen Sie nach abnehmender Energie: gelbes Licht, blaues Licht, Mikrowellen, Radiowellen, Röntgenstrahlung, Infrarotstrahlung, Ultra-Violettes Licht.

**Lösung:**

Röntgenstrahlung, UV-Licht, blaues Licht, gelbes Licht, Infrarotstrahlung, Mikrowellen, Radiowellen



2. Berechnen Sie die Wellenlänge von  
a) grünem Licht der Frequenz  $5,70 \cdot 10^{14}$  Hz  
b) Licht einer Frequenz von 1 Hz

**Lösung:**

Wellenlänge = Lichtgeschwindigkeit / Frequenz,  $\lambda = c / \nu$

a)  $\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 5,70 \cdot 10^{14} \text{ 1/s} = 5,26 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 526 \text{ nm}$

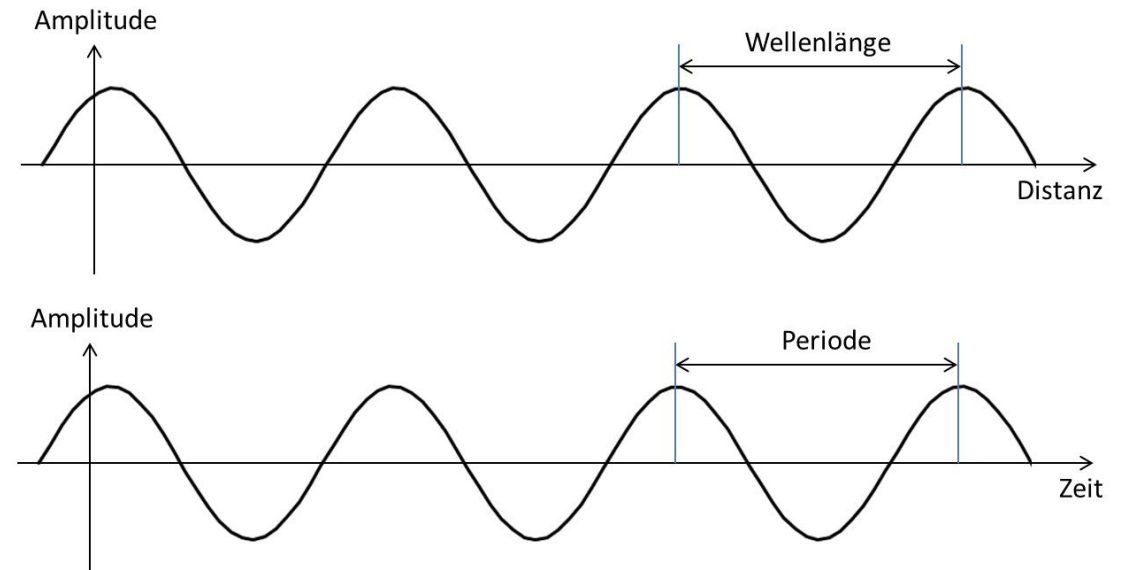
b)  $\lambda = 3 \cdot 10^8 \text{ m}$

$$c = \lambda \cdot \nu \quad \text{bzw.} \quad \lambda = \frac{c}{\nu} \quad (2)$$

$\lambda$  : Wellenlänge des Lichts

$\nu$  : Frequenz der Lichtwelle

$c$  : Lichtgeschwindigkeit im Medium



**3. Aus wie vielen Photonen besteht ein Lichtsignal der Wellenlänge von 750nm und einer Energie von  $2,65 \cdot 10^{-17}$  J. (Planksches Wirkungsquantum:  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  kg m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>)**

**Lösung:**

Plank Gleichung:  $E = h \cdot \nu$                        $\nu = c / \lambda$                       de Broglie Beziehung:  $E = h \cdot c / \lambda$   
 $[J] = [Js] \cdot [1/s]$

***Energiemenge eines Photons*** der Wellenlänge 750 nm:

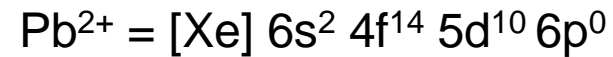
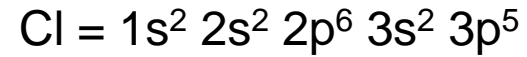
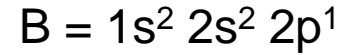
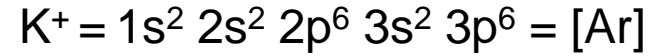
$$E = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 2,61 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Zahl Photonen} = \text{Gesamtenergiemenge} / \text{Energie eines Photons} = 2,65 \cdot 10^{-17} \text{ J} / 2,61 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \sim 101$$

Die Energiemenge besteht aus 101 Photonen

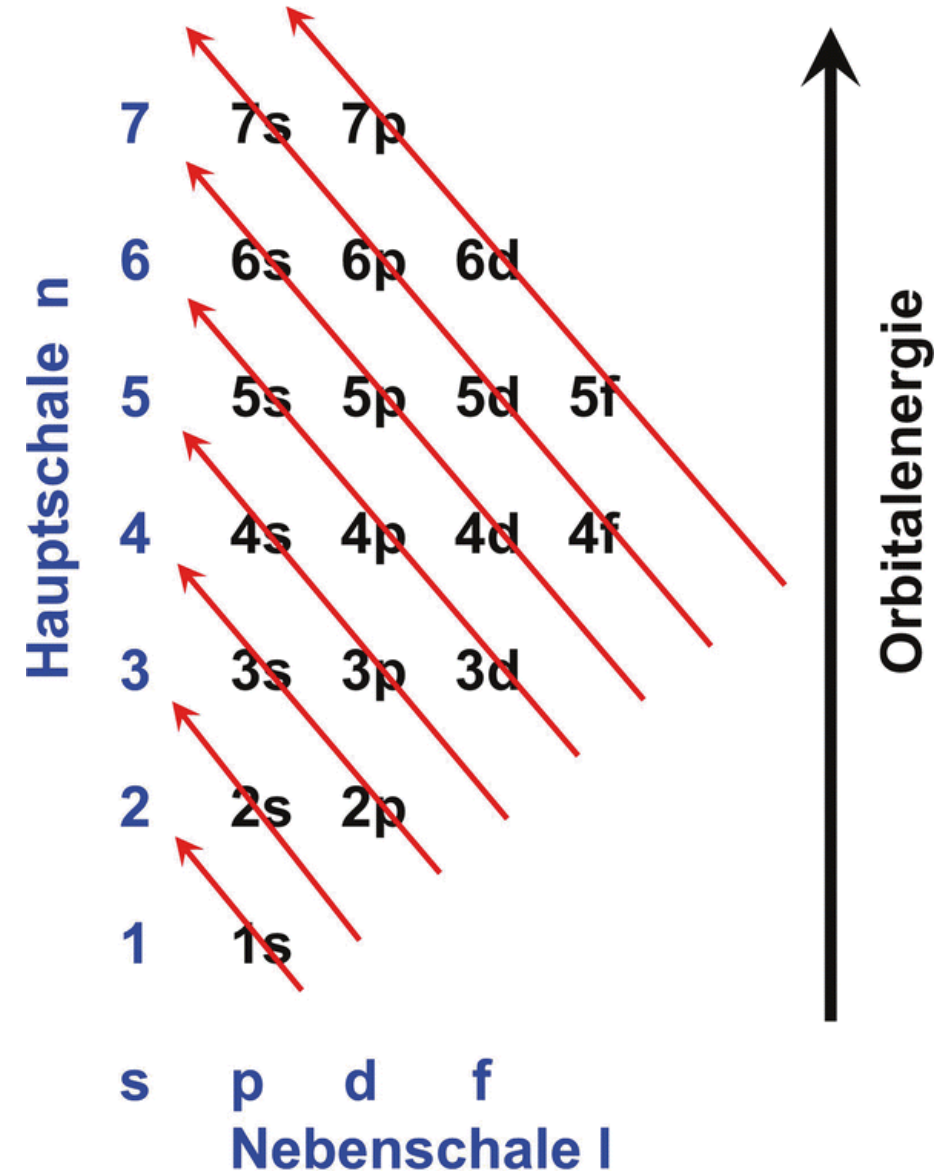
#### 4. Geben Sie die Elektronenkonfiguration von Fe, Cu, K<sup>+</sup>, B, Cl, Zn<sup>2+</sup> und Pb<sup>2+</sup> an.

**Lösung:**



Elektronenkonfiguration der Elemente (Ordnungszahl 1 ... 36)

O.Z.	El.	Elektronenkonfiguration
1	H	1s <sup>1</sup>
2	He	1s <sup>2</sup>
3	Li	1s <sup>2</sup> 2s <sup>1</sup>
4	Be	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup>
5	B	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>
6	C	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>
7	N	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>
8	O	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>
9	F	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>
10	Ne	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>
11	Na	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>1</sup>
12	Mg	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup>
13	Al	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>
14	Si	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>
15	P	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>
16	S	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>
17	Cl	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>
18	Ar	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>
19	K	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 4s <sup>1</sup>
20	Ca	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>
21	Sc	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup>
22	Ti	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>
23	V	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup>
24	Cr	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup>
25	Mn	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup>
26	Fe	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup>
27	Co	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup>
28	Ni	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>
29	Cu	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>
30	Zn	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup>
31	Ga	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>
32	Ge	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>
33	As	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>
34	Se	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>
35	Br	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>
36	Kr	1s <sup>2</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>



# Quantenzahlen

Magnetquantenzahl  $m$   $\Rightarrow$  entspricht der Zahl und Orientierung der Orbitale in jeder Unterschale.  
( $m = -l, -(l-1) \dots 0 \dots (l-1), +l$ )

$$l = 0, 1, 2, 3, \dots$$

(Orbital-)Symbol  $s, p, d, f, \dots$

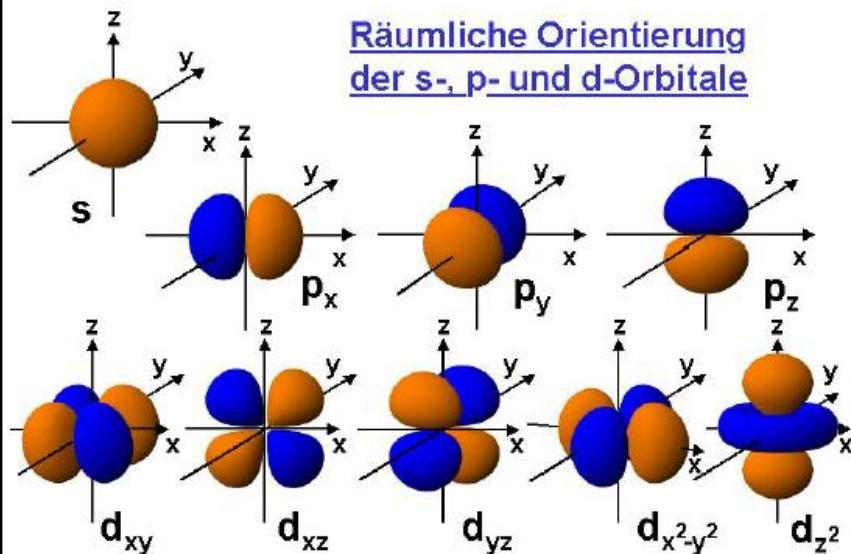
Zahl der Orbitale  $1, 3, 5, 7, \dots$

$\Rightarrow$  Durch die drei Quantenzahlen werden Energie, Typ und Orientierung der verschiedenen Orbitale (**Aufenthaltsräume für Elektronen mit diskreter Energie**) unterschieden.

## T 6.2 Die Orbitale der vier ersten Schalen

Schale	Unterschale	Orbital	Unterschalen-Bezeichnung	Anzahl der Orbitale pro Unterschale
$n$	$l$	$m$		
1	0	0	1s	1
2	0	0	2s	1
	1	+1, 0, -1	2p	3
3	0	0	3s	1
	1	+1, 0, -1	3p	3
	2	+2, +1, 0, -1, -2	3d	5
4	0	0	4s	1
	1	+1, 0, -1	4p	3
	2	+2, +1, 0, -1, -2	4d	5
	3	+3, +2, +1, 0, -1, -2, -3	4f	7

### Räumliche Orientierung der s-, p- und d-Orbitale



Räumliche Orientierung: Magnetquantenzahl  $m$

### Pauli-Prinzip / Hund'sche Regel



Wolfgang Pauli

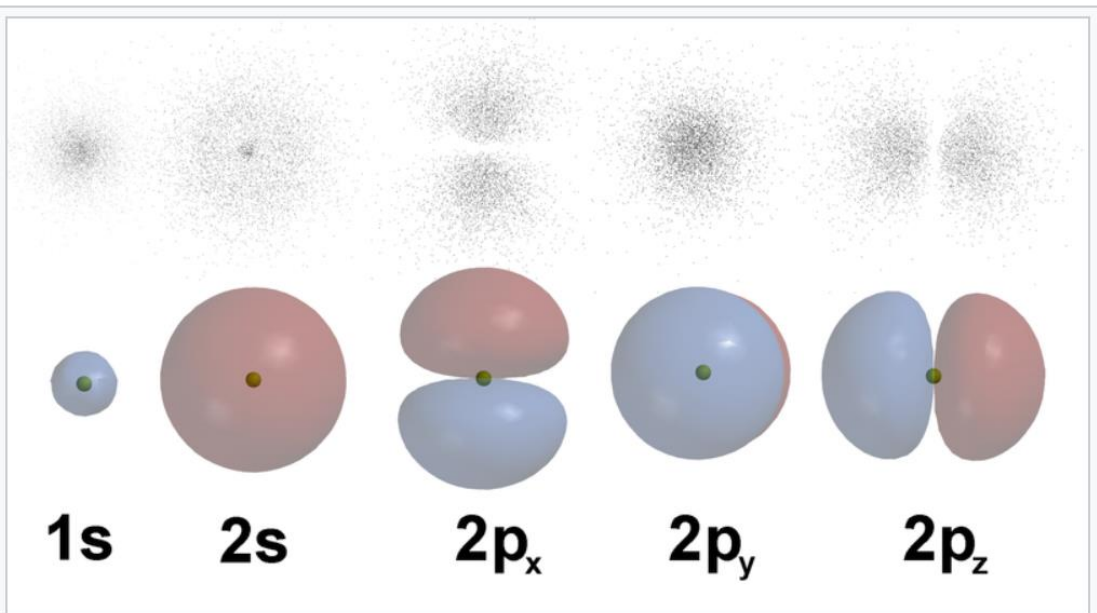


Friedrich Hund

Alle Elektronen eines Atoms müssen sich in mindestens einer Quantenzahl unterscheiden.

Alle entarteten Orbitale (also alle mit gleicher Energie) werden zunächst einfach mit Elektronen gleichgerichteten Spins besetzt.





Darstellung unterschiedlicher Orbitale der ersten und zweiten Elektronenschale.

Obere Reihe: Darstellung der Wahrscheinlichkeitsdichten  $|\Psi(\vec{r})|^2$  der Orbitale als Punktwolken.

Untere Reihe: Darstellung von Isoflächen von  $|\Psi(\vec{r})|^2$ . Die Isofläche ist jeweils so gewählt, dass sich das Elektron innerhalb des von der Isofläche umschlossenen Volumens mit 90 % Wahrscheinlichkeit aufhält.

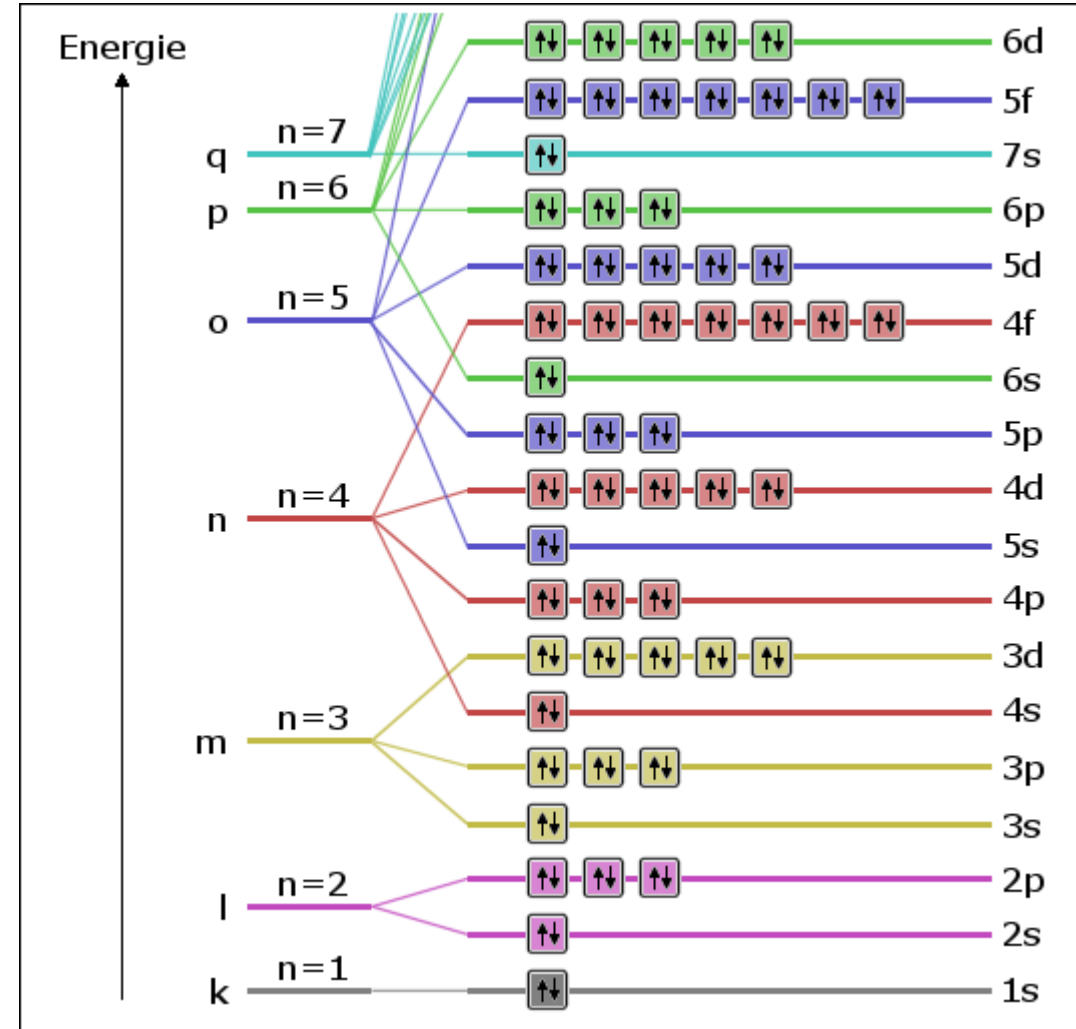
Name	ehemalige Bedeutung	Nebenquantenzahl	Form	Anzahl $2l + 1$
s-Orbital	<i>sharp</i>	$l = 0$	kugelsymmetrisch	1
p-Orbital	<i>principal</i>	$l = 1$	hantelförmig	$3^{A2}$
d-Orbital	<i>diffuse</i>	$l = 2$	gekreuzte Doppelhantel	5
f-Orbital	<i>fundamental</i>	$l = 3$	rosettenförmig	7
g-Orbital <sup>A1</sup>	(alphabetische Fortsetzung)	$l = 4$	rosettenförmig	9
h-Orbital <sup>A1</sup>	(alphabetische Fortsetzung)	$l = 5$	rosettenförmig	11

## 5. Wie viele Elektronen können jeweils die folgenden Quantenzahlen haben?

- a)  $n=4$
- b)  $n=2, l=2$
- c)  $n=2, l=0$
- d)  $n=4, l=2, m_l = 3$
- e)  $n=4, l=3, m_l = -2$
- f)  $n=3, l=1$

### Lösung:

- a)  $2n^2 = 32$
- b) unmöglich,  $l = 0, 1, 2, 3 \dots < n$
- c) 2  $m_s = +\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$
- d) unmöglich
- e) 2
- f) 6







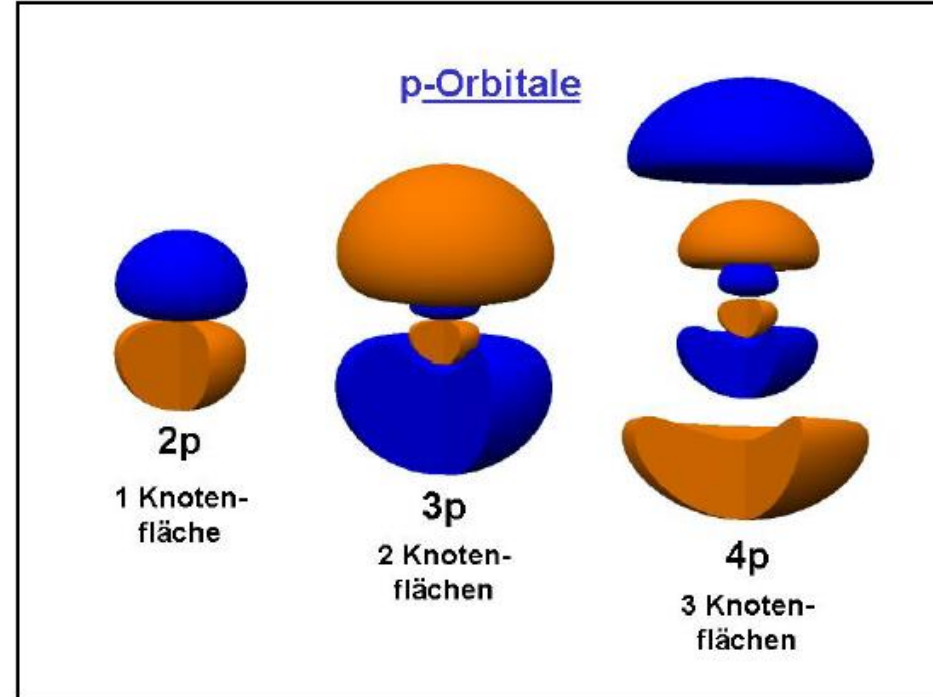
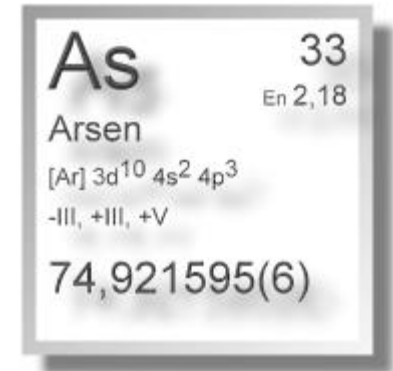
## 6. Im Grundzustand von ${}_{33}\text{As}$

- a) Wie viele Elektronen haben  $l=1$  als eine ihrer Quantenzahlen?  
b) Wie viele Elektronen haben  $m=0$  als eine Ihrer Quantenzahlen?

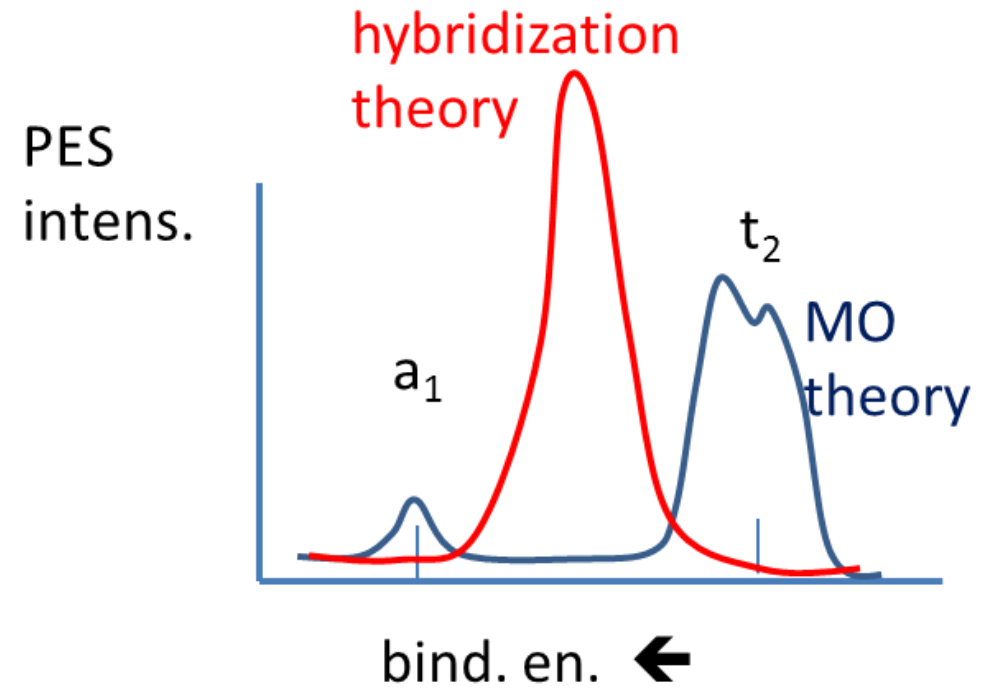
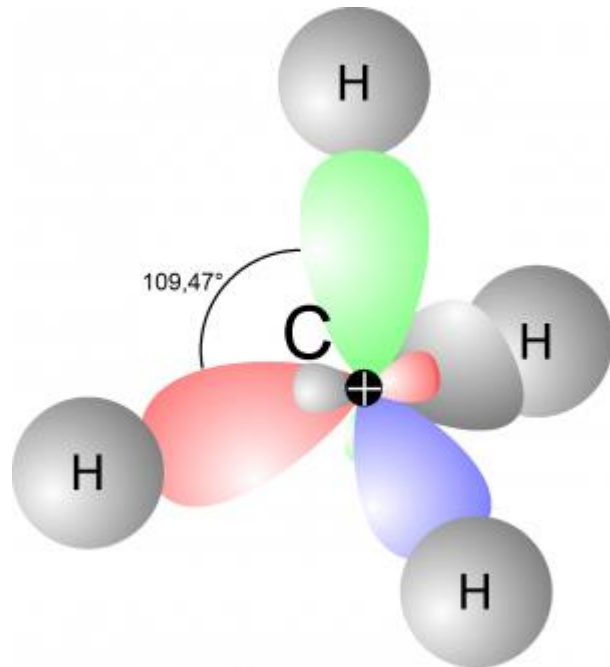
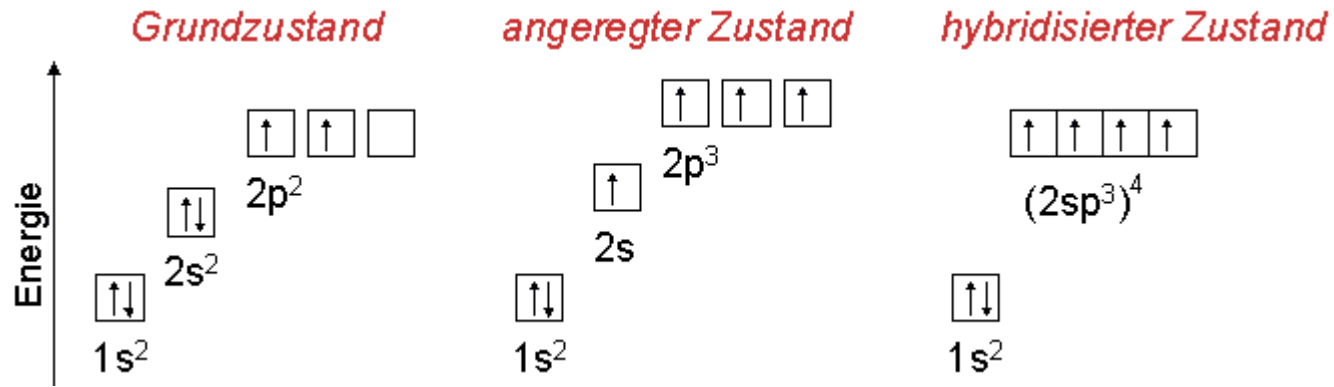
### Lösung:

a)  $2p^6 + 3p^6 + 4p^3 \rightarrow 15$  Elektronen

b)  $1s^2 = 2, 2s^2 = 2, 2p^6 = 2, 3s^2 = 2, 3p^6 = 2, 4s^2 = 2, 3d^{10} = 2, 4p^3 = 1 \rightarrow$   
15 Elektronen mit  $m_l=0$



# Methan CH<sub>4</sub> Hybridisierung – Nur ein Modell?

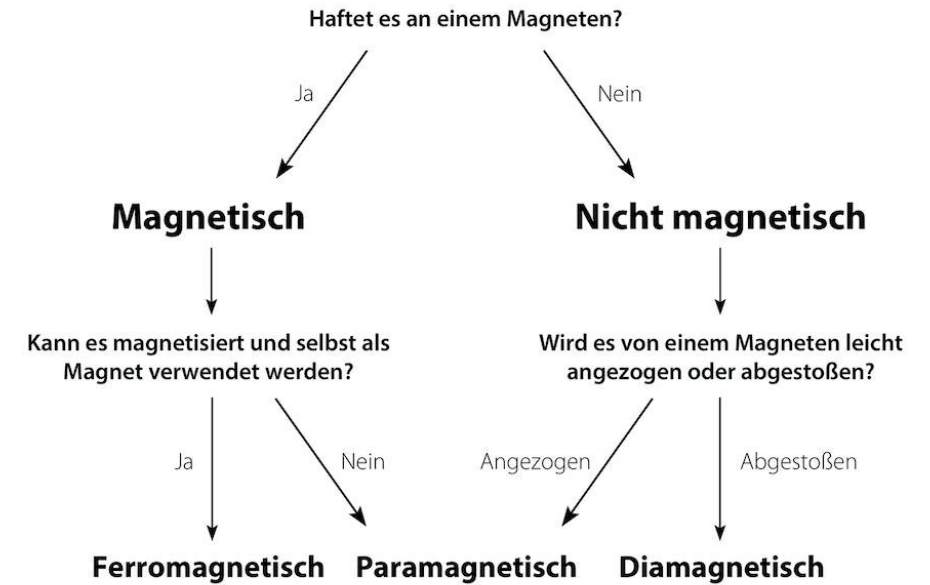


## 7. Atome welcher Elemente haben folgende Elektronenkonfiguration ihrer Außenelektronen im Grundzustand? Welche davon sind paramagnetisch?

- a)  $3s^23p^5$
- b)  $3s^23p^63d^54s^1$
- c)  $4s^24p^6$

### Lösung:

- a) Chlor paramagnetisch
- b) Chrom paramagnetisch
- c) Krypton diamagnetisch



Lebensdauer der Sauerstoffzustände

Lebensdauer (in Lösung)	Energie (kJ/mol)	Orbitale $\pi^*2p_y$ $\pi^*2p_z$	Magnetismus
$10^{-9}s$	157,6	$\uparrow$ $\downarrow$	diamagnetisch
$10^{-4}s$	94,5	$\uparrow\downarrow$ $\square$	diamagnetisch
$\infty$	0	$\uparrow$ $\uparrow$	paramagnetisch

### ferromagnetische Stoffe

Stoff	Permeabilitätszahl $\mu_r$
Eisen	bis 5000
Nickel	bis 1000
Kobalt	
Legierungen	bis 200000

### paramagnetische Stoffe

Stoff	Permeabilitätszahl $\mu_r$
Luft	1.0000004
Aluminium	1.00002
Platin	1.00027

### diamagnetische Stoffe

Stoff	Permeabilitätszahl $\mu_r$
Wasser	0.999991
Kupfer	0.99999
Schwefel	0.99999
Gold	0.999971
Wismut	0.999831

8. Geben Sie jeweils zwei Ionen (Kation oder Anion), die isoelektronisch zu folgenden Atomen bzw. Ionen sind:

a) He

b) Br<sup>-</sup>

c) Mn<sup>2+</sup>

**Lösung:**

a) H<sup>-</sup>, Li<sup>+</sup>, Be<sup>2+</sup>

b) Se<sup>2-</sup>, As<sup>3-</sup>, Rb<sup>+</sup>

c) Fe<sup>3+</sup>, Cr<sup>+</sup>

zwei Moleküle oder Ionen, die bei gleicher Atomanzahl die gleiche Zahl an Elektronen besitzen:

gleiche Gesamtladung = isoster (CO - N<sub>2</sub>)

Ladung unterschiedlich = isoelektronisch,

CO - CN<sup>-</sup> - NO<sup>+</sup> - N<sub>2</sub>

Isovalenzelektronisch = gleiche VE Zahl

z.B. CCl<sub>4</sub> - SiCl<sub>4</sub> - AlCl<sub>4</sub><sup>-</sup> - PBr<sub>4</sub><sup>+</sup>

## 9. Wie groß ist die rel. Masse eines 1s-Elektrons im Cu- und Au-Atom im Vergleich zu seiner Ruhemasse?

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} = 137 \text{ a. u.}$$

$$v = Z \cdot \text{a. u.}$$

**Lösung:**

$$m(1sAu) = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{79}{137}\right)^2}}$$

$$m({}_{79}\text{Au}) = 1.22 m_0$$

$$m({}_{29}\text{Cu}) = 1.02 m_0$$

### Atomare Einheiten

In der theoretischen Chemie ist es üblich in so genannten atomaren Einheiten zu rechnen (au), da es bei der Verwendung von SI-Einheiten zu Problemen bei der Genauigkeit kommt, da die auftretenden Fließkommazahlen zu klein werden um vom Computer adäquat berechnet zu werden.

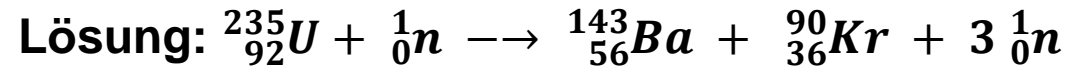
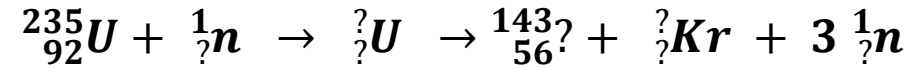
In atomaren Einheiten werden einige Naturkonstanten gleich 1 gesetzt:

$$m_e = e = \hbar = 1$$

Daraus folgt für die Größen der atomaren Einheiten:

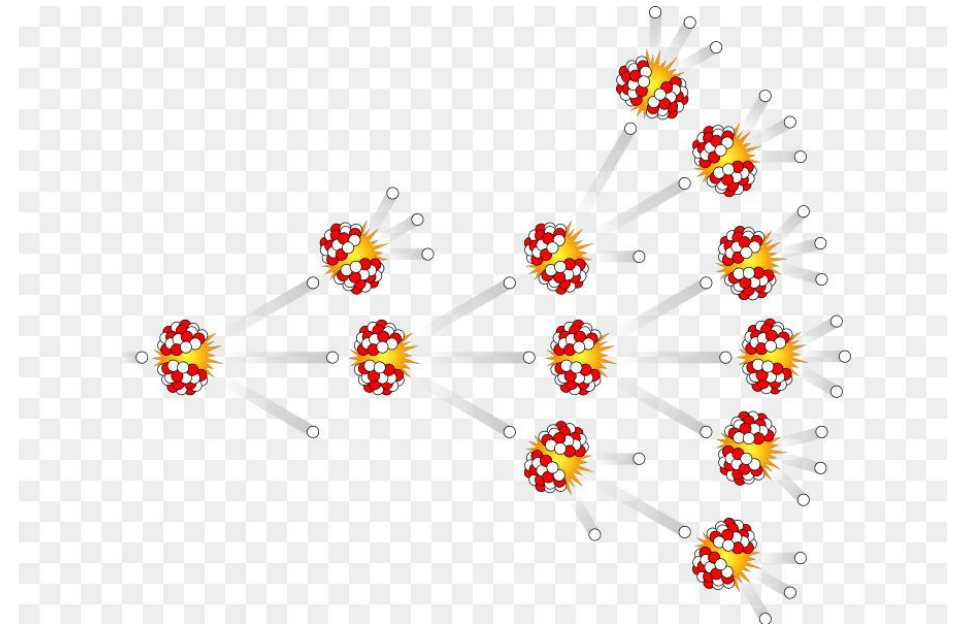
Symbol	Größe	Wert in au	Wert in SI-Einheit
$m_e$	Elektronen Masse	1	$9.110 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
$e$	Elektronen Ladung	1	$1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
$t$	Zeit	1	$2.419 \cdot 10^{-17} \text{ s}$
$\hbar$	Atomare Einheit d. Impulses	1	$1.055 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
$h$	Planck Konstante	$2\pi$	$6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
$a_0$	Bohr'scher Radius (atomare Längeneinheit)	1	$5.292 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
$E_H$	Hartree (atomare Energieeinheit)	1	$4.360 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
$c$	Lichtgeschwindigkeit	137.036	$2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
$\alpha$	Feinstrukturkonstante	0.00729735	0.00729735
$\mu_B$	Bohr'sches Magneton ( $e\hbar/2m_e$ )	$\frac{1}{2}$	$9.9274 \cdot 10^{-24} \text{ J/T}$
$\mu_N$	Kernmagneton	$2.732 \cdot 10^{-4}$	$5.051 \cdot 10^{-27} \text{ J/T}$
$4\pi\epsilon_0$	Permittivität des Vakuums	1	$1.113 \cdot 10^{-10} \text{ C}^2/\text{J} \cdot \text{m}$
$\mu_0$	Permeabilität des Vakuums ( $4\pi/c^2$ )	$6.692 \cdot 10^{-4}$	$1.257 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{s}^2/\text{C}^2$

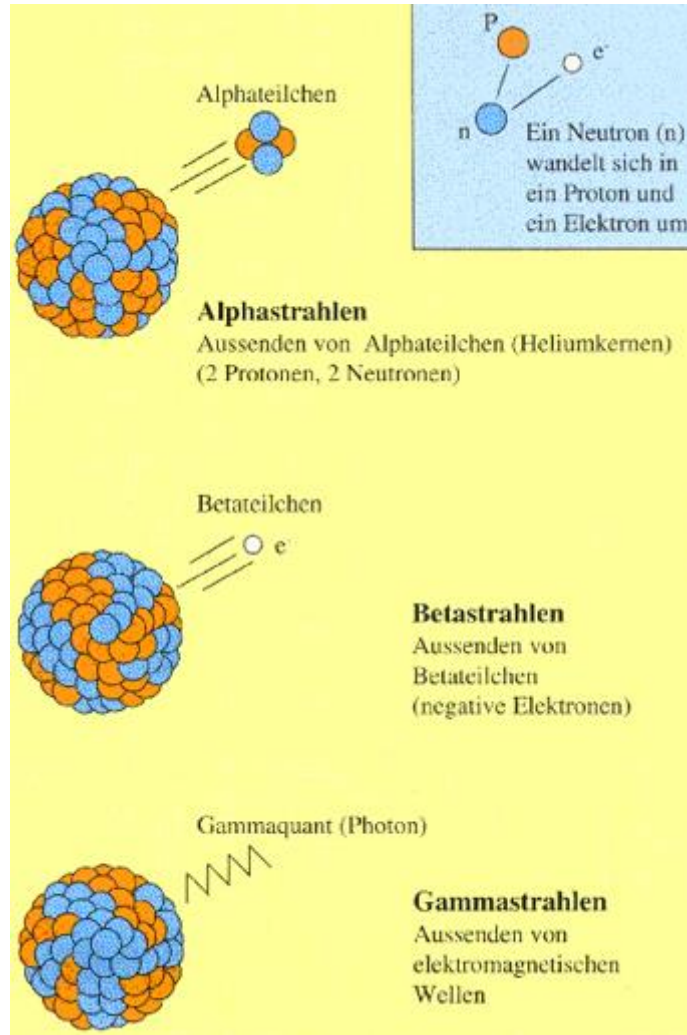
10. Vervollständigen Sie die folgende Zerfallsgleichung beim Neutroneneinfang von  $^{135}\text{U}$  Uran und warum handelt es sich dabei um eine Kettenreaktion?



Aus einem Neutron entstehen 3 Neutronen

U	92
Uran-Isotope	
$^{234}\text{U}$ - 0,0054(5) %	☢
$^{235}\text{U}$ - 0,7204(6) %	☢
$^{238}\text{U}$ - 99,2742(10) %	☢
238,02891(3)	

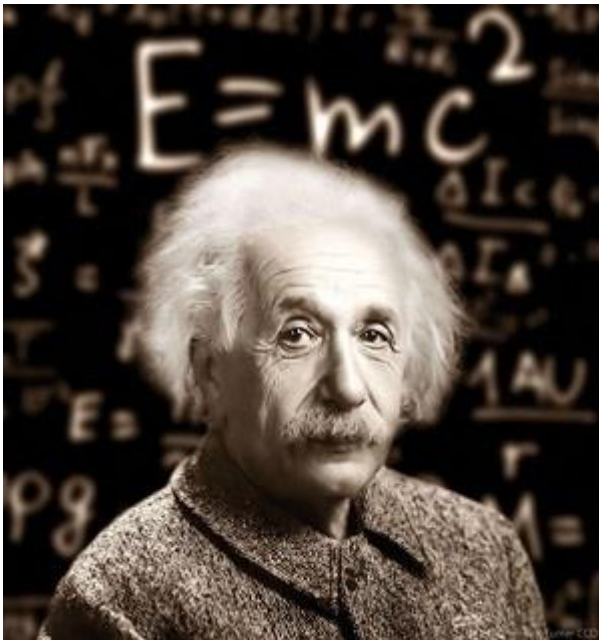






11. Wie lautet die berühmte Einsteinsche Beziehung, welche Masse und Energie verknüpft?

Lösung:  $E = m c^2$



### 3. Bindungsenergie und Massendefekt

Beobachtung: Die Kernmasse ist kleiner, als die Summe der Massen seiner Kernbausteine.

$$m_{\text{Kern}} < Z \cdot m_p + N \cdot m_n$$

Differenz wird als **Massendefekt  $\Delta m$**  bezeichnet:

$$\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n) - m_{\text{Kern}}$$

Massendefekt entspricht der **Bindungsenergie  $E_B$** :

$$E_B = \Delta m \cdot c^2$$

c...Lichtgeschwindigkeit  
(vgl.  $E = m \cdot c^2$ )

Neue Einheit der Masse: **Atomare Masseneinheit  $u$**

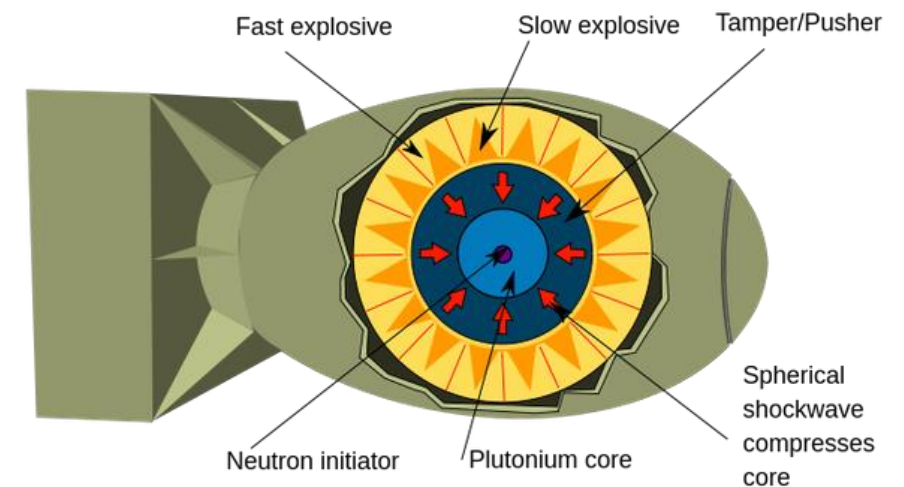
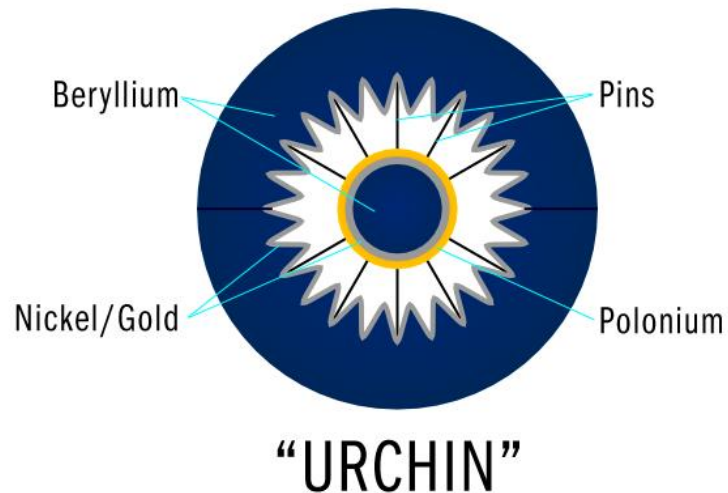
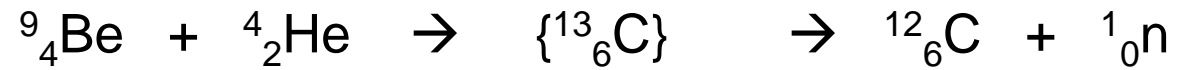
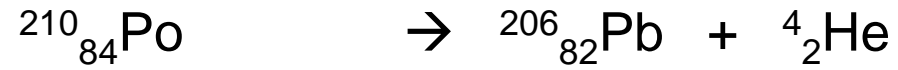
$$1 u = \frac{1}{12} \cdot m_{\text{Atom}}({}^{12}_6\text{C}), \frac{1}{12} \text{ der Atommasse von C-12}$$

$$1 u = 1,66053873 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

**Achtung:** Diese beinhaltet auch die Masse von 6 Elektronen.

## 12. Beschreiben Sie die Funktionsweise einer „Urchins“ (Neutronen-Seeigels) an Hand zweier Kerngleichungen.

**Lösung:**



# **Anorganische Experimentalchemie**

## **5. Übung:**

### **Säure-Base Chemie**

# 1. Berechnen sie Molarität und Molalität von

a. 37 %iger HCl ( $\rho = 1.2 \text{ g/mL}$ )

b. 96 %iger  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\rho = 1.84 \text{ g/mL}$ )

## Lösung:

a) 37% HCl       $M = 36,46 \text{ g/mol}$        $\rho = 1.2 \text{ g/mL}$

Molalität = Konzentration  $c = n / v$

$$m = \rho \cdot V = 1,2 \text{ g / mL} \cdot 1000 \text{ mL} = 1200\text{g} = 1,2 \text{ kg}$$

$$m(\text{HCl}) = 0,37 \cdot 1200\text{g} = 444\text{g}$$

$$n = m / M \rightarrow n(\text{HCl}) = 444\text{g} / 36,46 \text{ g/mol} = 12,18 \text{ mol}$$

$$c = 12,18 \text{ mol / L}$$

$$m(\text{Schwefelsäure}) = 1840 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.96 \cdot 1840\text{g} = 1766 \text{ g}$$

$$n = 1766 / 98.1 = 18 \text{ mol/L}$$

b) Molalität  $b = [\text{mol/kg}]$

$$m = 1200\text{g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,63 \cdot 1200 \text{ g} = 756 \text{ g}$$

$$b(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) / m(\text{H}_2\text{O}) = 12,18 \text{ mol} / 756\text{g} = 16,1 \text{ mol / kg}$$

## Molarität und Molalität

- Stoffmengenkonzentration (= Molarität):

- Stoffmenge wird auf das Volumen des Lösungsmittels bezogen

- $c = \frac{n}{V} = \frac{\text{Stoffmenge}}{\text{Volumen}}$

- Einheit: mol/l

- Beispiel: 5 Teilchen in einem Liter Wasser

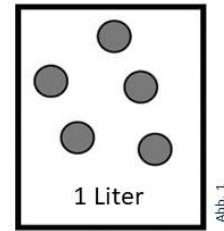


Abb. 1

- Molalität:

- Stoffmenge wird auf die Masse des Lösungsmittels bezogen

- $b = \frac{n}{m} = \frac{\text{Stoffmenge}}{\text{Masse des Lösungsmittels}}$

- Einheit: mol/kg

- Beispiel: 5 Teilchen in einem Kilogramm Wasser

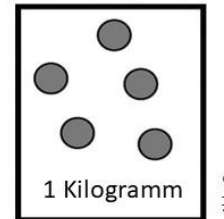
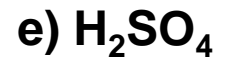
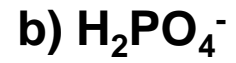
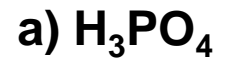


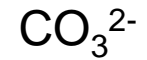
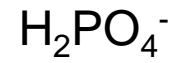
Abb. 2

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98.1 \text{ g/mol}$$

2. Welche ist die konjugierte Base von:



Lösung:



3. Die Lösung einer schwachen Säure HX hat einen pH-Wert von 3.10. Wie groß ist die Konzentration an  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

**Lösung:**

(Schwache Säure:  $\text{HX} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{X}^-$ )

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3.10} = 7.94 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L (oder: } c(\text{H}_3\text{O}^+) = 7.94 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L)}$$

$[\text{H}_3\text{O}^+]$ in mol/L	pH		pOH	$[\text{OH}^-]$ in mol/L
$10^0 = 1$	0		14	$10^{-14}$
$10^{-1}$	1		13	$10^{-13}$
$10^{-2}$	2		12	$10^{-12}$
$10^{-3}$	3		11	$10^{-11}$
$10^{-4}$	4		10	$10^{-10}$
$10^{-5}$	5		9	$10^{-9}$
$10^{-6}$	6		8	$10^{-8}$
$10^{-7}$	7	neutral	7	$10^{-7}$
$10^{-8}$	8		6	$10^{-6}$
$10^{-9}$	9		5	$10^{-5}$
$10^{-10}$	10		4	$10^{-4}$
$10^{-11}$	11		3	$10^{-3}$
$10^{-12}$	12		2	$10^{-2}$
$10^{-13}$	13		1	$10^{-1}$
$10^{-14}$	14		0	$10^0$

4. Wie groß sind die Konzentrationen  $c(\text{H}_3\text{O}^+)$  und  $c(\text{OH}^-)$  in folgenden Lösungen:

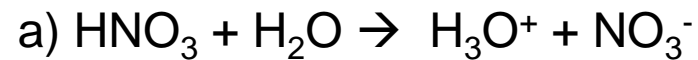
a) 0.015 mol/L  $\text{HNO}_3$

b) 0.0025 mol/L  $\text{Ba}(\text{OH})_2$

c) 0.00030 mol/L  $\text{HCl}$

d) 0.016 mol/L  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

**Lösung:**

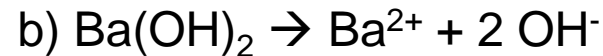


starke Säure:  $c(\text{H}_3\text{O}^+) = c^0 = 0.015 \text{ mol/L}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w = 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-14} / 0.015 = 6.7 \cdot 10^{-13}$$

$$c(\text{OH}^-) = 6.7 \cdot 10^{-13} \text{ mol/L}$$

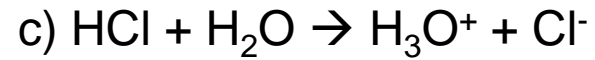


starke Base:  $c(\text{OH}^-) = 2 \cdot c^0 = 0.005 \text{ mol/L}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w = 10^{-14}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_w / [\text{OH}^-] = 10^{-14} / 0.005 = 2.0 \cdot 10^{-12}$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = 2.0 \cdot 10^{-12} \text{ mol/L}$$

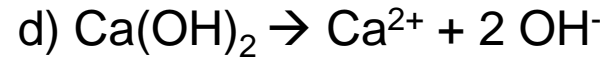


starke Säure:  $c(\text{H}_3\text{O}^+) = c^0 = 3.0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w = 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-14} / 3.0 \cdot 10^{-4} = 3.3 \cdot 10^{-11}$$

$$c(\text{OH}^-) = 3.3 \cdot 10^{-11} \text{ mol/L}$$



starke Base:  $c(\text{OH}^-) = 2 \cdot c^0 = 0.032 \text{ mol/L}$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_w = 10^{-14}$$

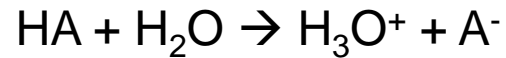
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_w / [\text{OH}^-] = 10^{-14} / 0.032 = 3.1 \cdot 10^{-13}$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = 3.1 \cdot 10^{-13} \text{ mol/L}$$



5. Propansäure (eine einwertige Säure) ist bei einer Konzentration von 0.25 mol/L in Wasser zu 0.72% dissoziiert. Wie groß ist der pH-Wert und pK<sub>S</sub>-Wert?

Lösung:



$$\alpha = c(\text{A}^-) / c_0$$

$$c(\text{A}^-) = c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$\alpha = c(\text{H}_3\text{O}^+) / c_0$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = \alpha \cdot c_0 = 0.0072 \cdot 0.25 \text{ mol/L} = 0.0018 \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0.0018 = \mathbf{2.74}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_s - \log c_0) \rightarrow 2\text{pH} = \text{pK}_s - \log c_0$$

$$\text{pK}_s = 2 \cdot \text{pH} + \log c_0 = 2 \cdot 2.74 + \lg 0.25 = \mathbf{4.88}$$

$$\alpha = \frac{[\text{A}^-]}{c_0}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{K_s}{[\text{H}_3\text{O}^+] + K_s}$$

$$\Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = K_s \cdot \frac{1 - \alpha}{\alpha}$$

$$\Leftrightarrow \mathbf{\text{pH} = \text{pK}_s + \lg \frac{\alpha}{1 - \alpha}}$$

### Dissoziationsgrad

Der **Dissoziationsgrad**  $\alpha$  bzw. Protolysegrad gibt das Verhältnis der durch Dissoziation gelösten Säure- bzw. Base-Teilchen zur Gesamtkonzentration der Säure-/Base-Teilchen der Lösung an.  $\alpha$  kann Werte von 0 bis 1 (100% Protolyse) annehmen.

→ Ausmaß einer protolytischen Reaktion, bzw. Anteil Säure, der in einer Reaktion mit H<sub>2</sub>O zur korrespondierenden Base umgewandelt wurde

$$\alpha = \frac{\text{Konzentration der protolysierten HA-Moleküle}}{\text{Konzentration der HA-Moleküle vor der Protolyse}}$$

$$\alpha = \frac{c_0 - [\text{HA}]}{c_0} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c_0} = \frac{[\text{A}^-]}{c_0} \quad \text{Für einwertige Säure: } [\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{umstellen: } [\text{H}_3\text{O}^+] = \alpha \cdot c_0$$

$$[\text{A}^-] = \alpha \cdot c_0$$

$$K_s = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{\alpha \cdot c_0 \cdot \alpha \cdot c_0}{c_0 - \alpha \cdot c_0} = \frac{\alpha^2 \cdot c_0^2}{c_0(1 - \alpha)} = c_0 \frac{\alpha^2}{1 - \alpha}$$

für schwache Säuren gilt  $\alpha \ll 1$ :  $K_s = c_0 \cdot \alpha^2 \rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_s}{c_0}}$

Ostwaldsches Verdünnungsgesetz (für schwache Säuren)

Protolysegrad einer schwachen Säure steigt mit abnehmender Konzentration der Säure!

6. Für Milchsäure ist  $K_s = 1.5 \cdot 10^{-4}$  mol/L

a) Wie groß ist  $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ , wenn 0.16 mol/L Milchsäure in Lösung sind.

b) Wie viel Prozent der Milchsäure sind dissoziiert?

**Lösung:**

a)  $\text{p}K_s = -\log K_s = 3.82$

Eine schwache Säure

Für schwache Säuren:  $\text{pH} = 1/2(\text{p}K_s - \log c_0)$

$$\text{pH} = 1/2 (3.82 - \log 0.16) = 2.308$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2.308} = \mathbf{4.92 \cdot 10^{-3}} \text{ mol/L} \quad (\text{oder: } c(\text{H}_3\text{O}^+) = 4.92 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L})$$

b)  $\alpha = \sqrt{(K_s/c_0)} = \sqrt{(1.5 \cdot 10^{-4}/0.16)} = 0.0306$  oder: **3.06%**

Ostwaldsches  
Verdünnungsgesetz

$$\text{pH} = -\lg c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-\text{pH}} \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

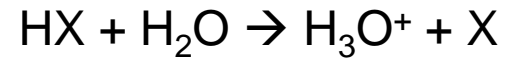
$$\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-)$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{p}K_w$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

**7. Eine Säure HX ist bei  $c_0(\text{HX}) = 0.15 \text{ mol/L}$  zu 1.2% dissoziiert. Wie viel % sind bei  $c_0(\text{HX}) = 0.030 \text{ mol/L}$  dissoziiert?**

**Lösung:**



**1. Berechnung von  $K_s$**

mit  $\alpha = \sqrt{K_s/c_0}$  bzw.:  $K_s = \alpha^2 c_0$

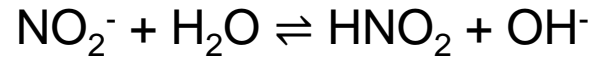
$$K_s = \alpha^2 c_0 = 0.0122 \cdot 0.15 = 2.16 \cdot 10^{-5}$$

**2. Berechnung von Dissoziationsgrad**

$$\alpha = \sqrt{K_s/c_0} = \sqrt{(2.16 \cdot 10^{-5}/0.030)} = 0.027 \text{ oder } 2.7\%$$

**8. Welchen pH-Wert hat eine Lösung von 0.15 mol/L Natriumnitrit (NaNO<sub>2</sub>)?  
(für HNO<sub>2</sub>: pK<sub>s</sub> = 3.35)**

**Lösung:**



Für NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ergibt sich der pK<sub>B</sub>-Wert aus den pK<sub>s</sub>-Wert der konjugierten Säure:

$$\text{pK}_s + \text{pK}_B = 14$$

$$\text{pK}_B = 14 - \text{pK}_s = 14 - 3.35 = 10.65$$

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> ist eine schwache Base, somit:

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} (\text{pK}_B - \lg c_0 / \text{mol L}^{-1}) = \frac{1}{2} (10.65 - \lg 0.15) = 5.74$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 5.74 = 8.26$$

**9. Welchen pH-Wert hat eine Lösung von 0.1 mol/L Ammoniumacetat (NH<sub>4</sub>OAc)? pK<sub>S</sub>(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) = 9.2; pK<sub>S</sub>(HOAc) = 4.7**

**Lösung:**

Ampholyt:



$$\text{pK}_S(\text{NH}_4^+) = 9.2$$

$$\text{pK}_B(\text{OAc}^-) = 14 - \text{pK}_S(\text{HOAc}) = 14 - 4.7 = 9.3$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \{ \text{pK}_S(\text{NH}_4^+) + \text{pK}_S(\text{HOAc}) \}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \{ 9.2 + 4.7 \} = 6.95$$

**Die Lösung von Ammoniumacetat reagiert neutral!**

**10. Welchen pH-Wert hat eine Lösung von 0.01 mol/L Natriumhydrogencarbonat (NaHCO<sub>3</sub>)? pK<sub>S</sub> (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) = 10.3**

**Lösung:**

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ist ein Ampholyt:



$$\text{pK}_S(\text{HCO}_3^-) = 10.3$$



$$\text{pK}_B(\text{HCO}_3^-) = 14 - 6.4 = 7.6$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \{ \text{pK}_S(\text{HCO}_3^-) + \text{pK}_S(\text{H}_2\text{CO}_3) \}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \{ 10.3 + 6.4 \} = 8.35$$

**11. Geben sie die Summenformel folgender Moleküle an:**

- |  |         |  |
|--|---------|--|
| • Hypochlorige Säure                     | Lösung: | HClO   |
| • Perchlorsäure                          |         | HClO <sub>4</sub>  |
| • Eisen(III)sulfat hexahydrat            |         | Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> * 6 H <sub>2</sub> O |
| • salpetrige Säure                       |         | HNO <sub>2</sub>   |
| • Diphosphorpentoxid                     |         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  |
| • Dinatriumhydrogenphosphat dodecahydrat |         | Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> * 12 H <sub>2</sub> O               |
| • Bromsäure                              |         | HBrO <sub>3</sub>  |
| • Kalilauge                              |         | KOH  |
| • Schwefelwasserstoff                    |         | H <sub>2</sub> S   |

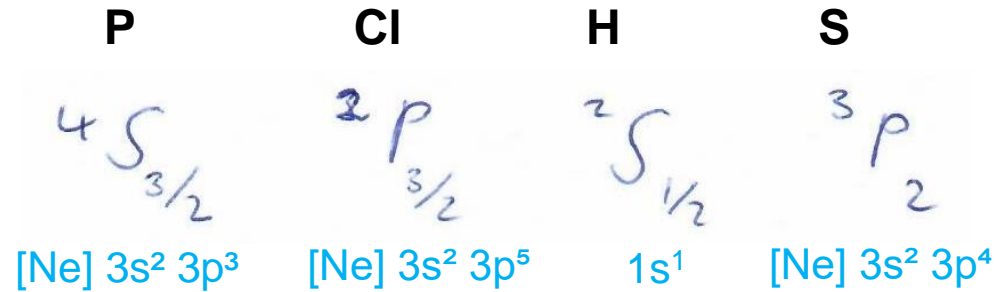
# **Anorganische Experimentalchemie**

## **6. Übung:**

**Quantenmechanik, VB, MO**



1. Geben Sie nach der 3. Hund'schen Regel die Termsymbole im Grundzustand an für:



$$2S+1 L_J$$

L = 0	1	2	3
S	P	D	F

L = Bahndrehimpuls  
 J = Gesamtdrehimpuls  
 (L+S), (L+S-1), ... L-S

**Erste Hundsche Regel**

„Volle Schalen und Unterschalen haben den Gesamtdrehimpuls Null.“

**Zweite Hundsche Regel**

„Der Gesamtspin nimmt den maximal möglichen Wert an, die Spins der einzelnen Elektronen stehen also möglichst parallel.“

**Dritte Hundsche Regel**

„Erlaubt das Pauli-Prinzip mehrere Konstellationen mit maximalem Gesamtspin S, dann werden die Unterzustände mit der Magnetquantenzahl  $m_l$  so besetzt, dass der Gesamt-Bahndrehimpuls L maximal wird,“

n	l	$m_l$	$m_s$	# e <sup>-</sup>	# e <sup>-</sup> / Schale
1	0	0	±½	2	2
2	1	-1, 0, 1	±½	2	8
			±½	6	
3	2	-2, -1, 0, 1, 2	±½	2	18
			±½	6	
			±½	10	
4	3	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3	±½	2	32
			±½	6	
			±½	10	
			±½	14	

# Bestimmung der Termesymbole:

$$2S+1 \quad | \quad L_J$$

$$S = |\sum m_s|$$

$$L = |\sum m_l|$$

• Schale weniger als halbvoll:  $J = |L - S|$

• Schale mehr als halbvoll:  $J = L + S$

• Schale genau halbvoll:  $L = 0$

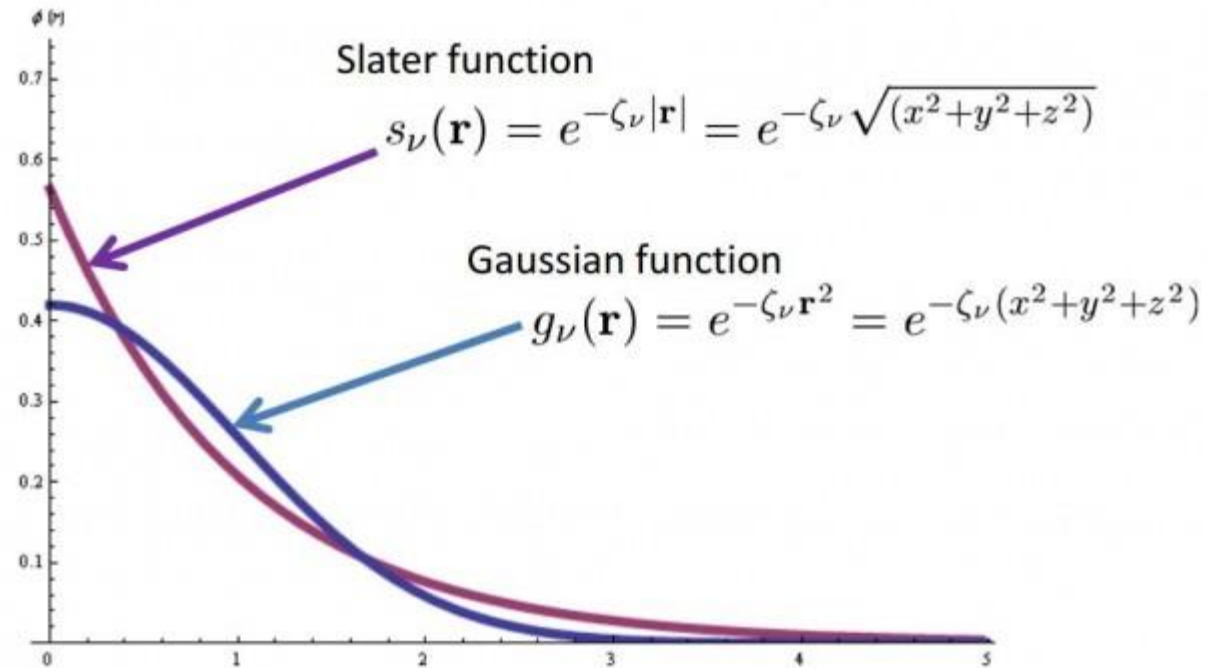
$$\Rightarrow J = S \text{ (bzw. } |L - S|)$$

2. Ein s-Orbital wird durch die folgende Funktion repräsentiert, handelt es sich um ein Slater- oder Gauß-Orbital?

$$N e^{-\alpha r^2}$$

**Gauß Orbital ( $r^2$ ) = richtige Antwort**

Slater (r)



### 3. Geben Sie die Bindungsordnungen an für:



0,5



0,5

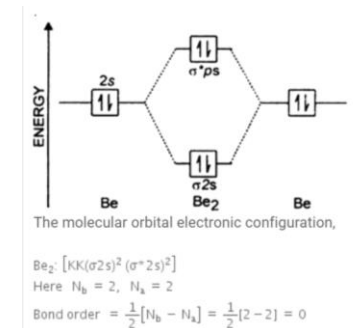
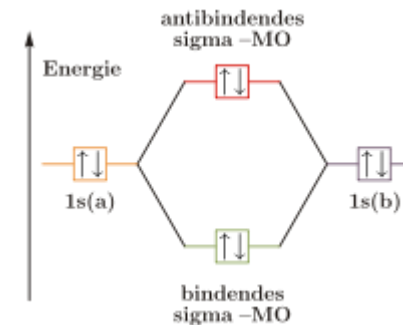
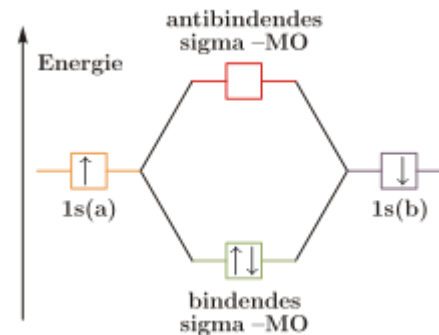


0



1

Besetzung der Molekülorbitale von Wasserstoff  $\text{H}_2$  und Helium  $\text{He}_2$  und  $\text{Be}_2$



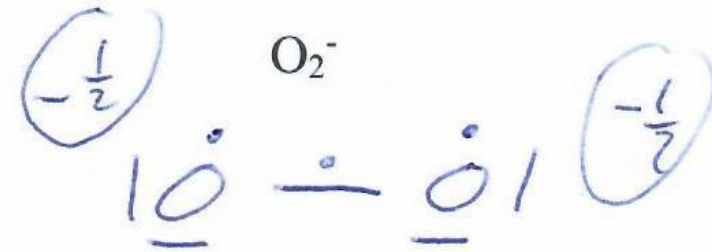
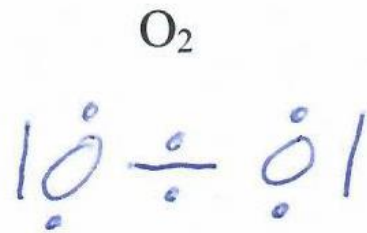
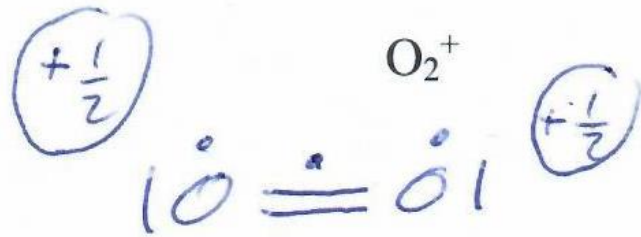
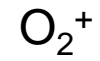
Die Bindungsordnung bezeichnet die Zahl der effektiven Bindungen in einem Molekül. Sie ist definiert als die Hälfte der Zahl, die sich aus der Differenz von bindenden und entbindenden Valenzelektronen (in den Molekülorbitalen) ergibt.

#### 4. Welches sind allgemein die Valenzorbitale bei Hauptgruppen- und Nebengruppen-Elementen?

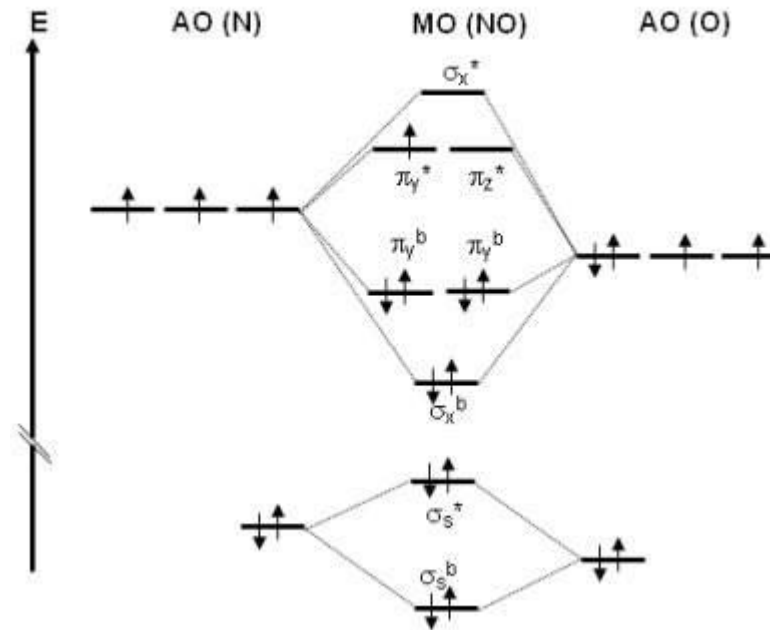
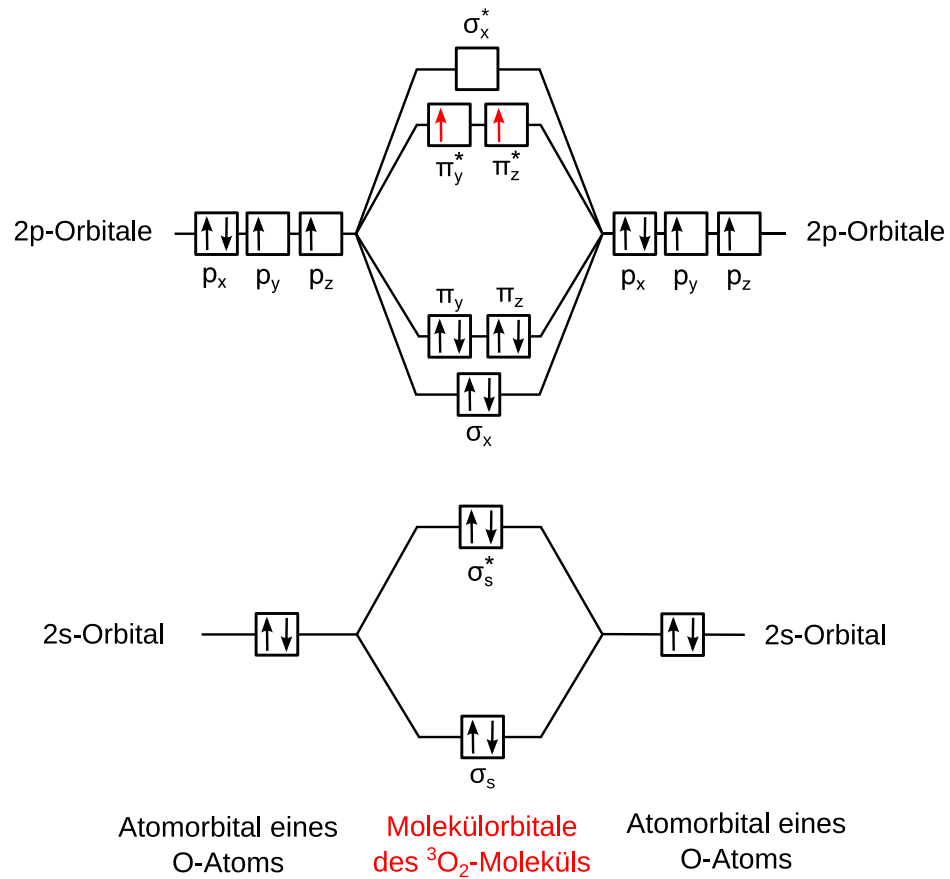
Hauptgruppen:  $s + p$

Nebengruppen:  $s + d$

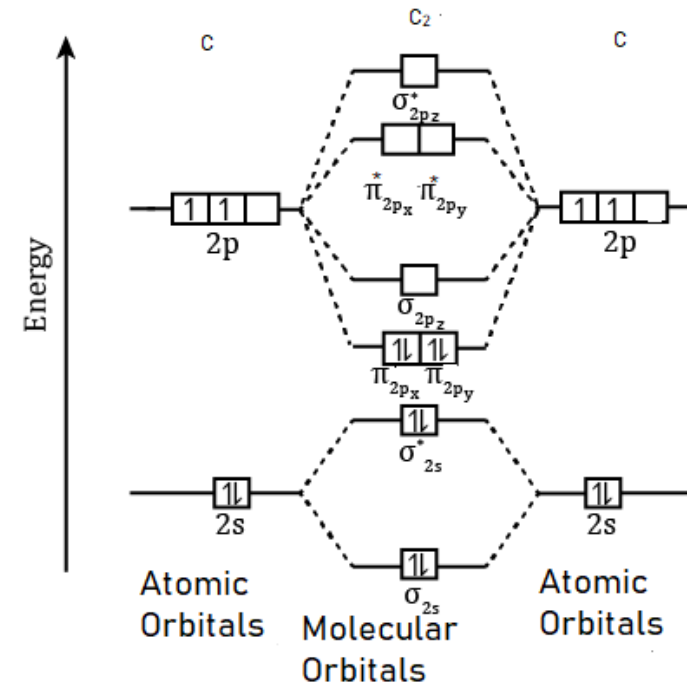
5. Schreiben Sie je eine vernünftige Lewis-Type Struktur an für:



## 6. Zeichnen Sie die MO Diagramme von a) O<sub>2</sub> b) NO c) C<sub>2</sub>



**NO**



**C<sub>2</sub>**

## 7. Wie transformiert man den Impuls in einen QM-Operator?

$$p \rightarrow -i\hbar \nabla$$

$$T = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2m} m^2 v^2$$

$$p = m v$$

$$p \Rightarrow \hat{p} = -i\hbar \nabla$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}$$

$$\hat{T} = \frac{-1}{2m} \hbar^2 \nabla^2$$

$$\hat{H} = \hat{T} + \hat{V}$$

$$= -\frac{1}{2m} \hbar^2 \nabla^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$



1. Eine mögliche Konfiguration, die das Sauerstoffmolekül im Grundzustand beschreibt (nur  $\pi^*$ - Orbitale) ist das folgende (das  $\pi_y^*$ -Orbital möge mit „y“ und das  $\pi_z^*$  möge mit „z“ symbolisiert sein (Bindungsachse = x)):



Schreiben Sie eine sinnvolle Wellenfunktion für diese Konfiguration an.

Lösung:

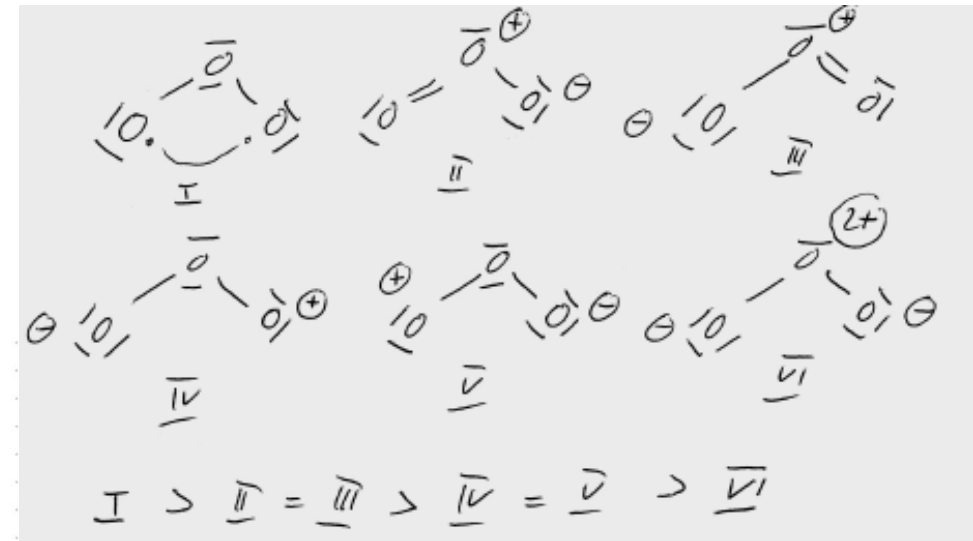
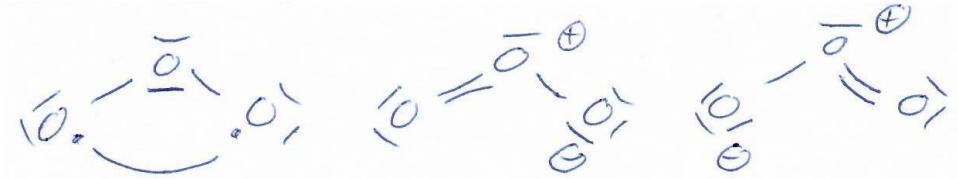
$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} y(1)\alpha(1) & z(2)\alpha(2) \\ z(1)\alpha(1) & z(2)\alpha(2) \end{vmatrix} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ y(1)\alpha(1)z(2)\alpha(2) - z(1)\alpha(1)y(2)\alpha(2) \right]$$

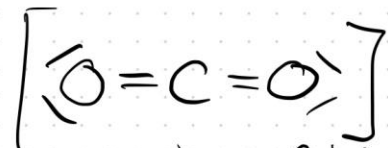
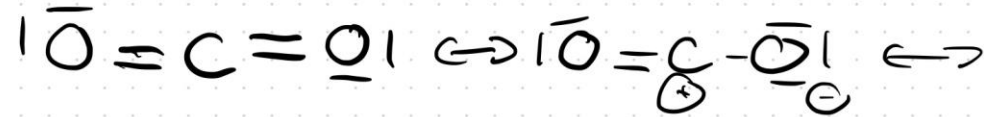
Siehe Skript Folien S.86 und Folgende:

2. Schreiben Sie die drei wichtigsten VB-Resonanzstrukturen an für

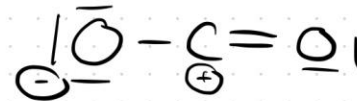
a) Ozon



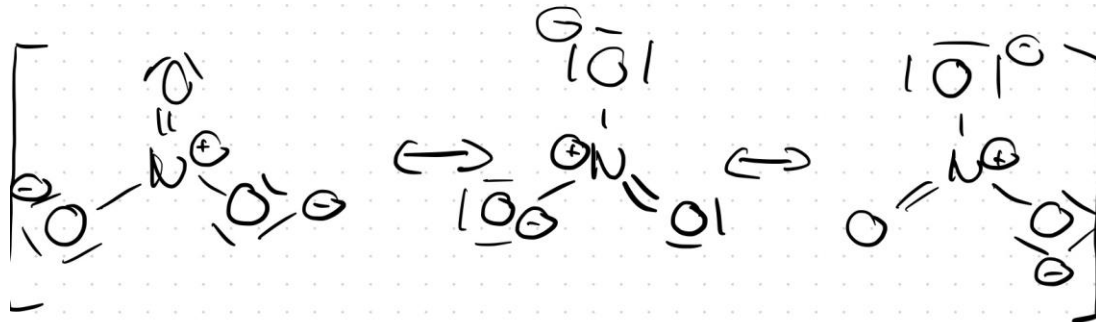
b) CO<sub>2</sub>



Oh, aber nicht perfekt.

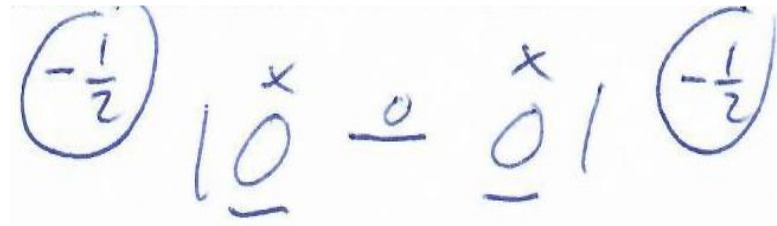


c) Nitrat-Anion.



3. Schreiben Sie eine sinnvolle VB-Resonanzstruktur für das  $\text{O}_2^-$ -Ion unter Berücksichtigung des entscheidenden Elektronenspins an.

Lösung:



#### 4. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für

	Ausgangsstoff	Nebenprodukt	Energie	CO <sub>2</sub> -Emission (pro kg H <sub>2</sub> )
grauer Wasserstoff	Erdgas, Kohle	CO <sub>2</sub> in Atmosphäre	Strommix, fossile Brennstoffe	ca. 13,3-23 kg
blauer Wasserstoff	Erdgas, Kohle	CO <sub>2</sub> unterirdisch	Strommix, fossile Brennstoffe	ca. 5-7 kg
grüner Wasserstoff	Wasser	O <sub>2</sub>	Regenerative Energie	< 1 kg
türkiser Wasserstoff	Methan	Kohlenstoff fest	variabel, optimal regenerativ	variabel

a) die Knallgasreaktion:  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Exotherm meist explosiv ablaufende Verbrennungsreaktion von Wasserstoff

b) das SMR-Verfahren (Steam-Reforming-Verfahren):  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$

Dampfreformierung: Großindustrielles Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus kohlenstoffhaltigen Energieträgern und Wasser

c) das WGSR-Verfahren (water-gas-shift-reaction):  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$

Wassergas-Shift-Reaktion: Verringerung des Kohlenstoffmonoxid-Anteils in Synthesegas und zur Erzeugung von Wasserstoff

d) Hydrolyse von Calciumhydrid:  $\text{CaH}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{Ca(OH)}_2$

Einfache Laborsynthese für Wasserstoff durch Hydrolyse von Hydriden

**5. Geben sie die Summenformel folgender Moleküle an:**

- a) **Bariumchlorid:**  $\text{BaCl}_2$
- b) **Perchlorsäure:**  $\text{HClO}_4$
- c) **Eisen(III)sulfathexahydrat:**  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
- d) **salpetrige Säure:**  $\text{HNO}_2$
- e) **Diphosphorpentoxid:**  $\text{P}_2\text{O}_5$
- f) **Dinatriumhydrogenphosphatdodecahydrat:**  $\text{Na}_2\text{H}(\text{PO}_4) \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$
- g) **Iodsäure:**  $\text{HIO}_3$
- h) **Kalilauge:**  $\text{KOH (aq.)}$
- i) **Natriumsulfid:**  $\text{Na}_2\text{S}$
- j) **Lithiumnitrid:**  $\text{Li}_3\text{N}$
- k) **Kaliumpermanganat:**  $\text{KMnO}_4$
- l) **Kaliumchromat:**  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

## 6. Benennen sie folgende Moleküle:

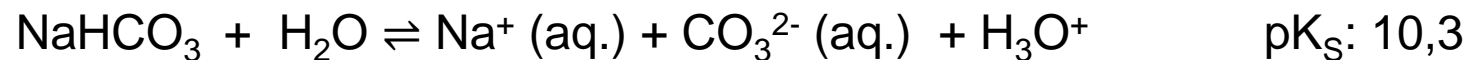
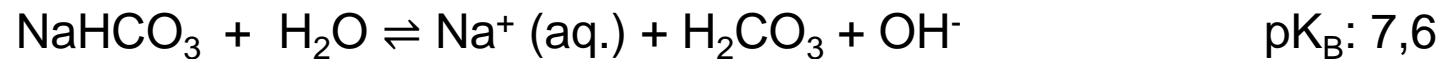
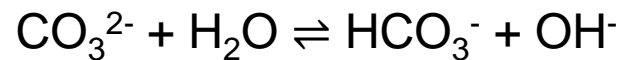
- a) **CsCl:** Cäsiumchlorid
- b) **KHSO<sub>4</sub>:** Kaliumhydrogensulfat
- c) **Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> \* 5 H<sub>2</sub>O :** Cobalt(II)nitrat pentahydrat
- d) **MgS<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:** Magnesium thiosulfat
- e) **Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:** Nickel(III)oxid
- f) **KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>:** Kaliumaluminiumsulfat
- g) **MnO<sub>2</sub>:** Mangandioxid (Braunstein)
- h) **K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>:** Kaliumdichromat
- i) **Ag<sub>2</sub>S:** Silbersulfid
- j) **HBr:** Bromwasserstoff, Hydrogenbromid
- k) **HOBr:** Hypobromige Säure
- l) **NaBrO<sub>2</sub>:** Natriumbromit
- m) **HBrO<sub>3</sub>:** Bromsäure
- n) **RbBrO<sub>4</sub>:** Rubidiumperbromat

7. Welchen pH-Wert haben folgende Lösungen:  $\text{pH} > 7$ ,  $\text{pH} < 7$ ,  $\text{pH} = 7$ ? Geben sie auch entsprechende Reaktionsgleichungen an.

**a. Natriumcarbonat- bzw. Natriumhydrogencarbonat-Lösung**

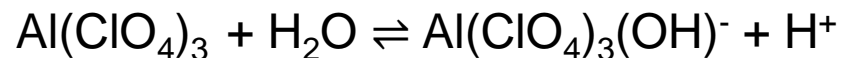
$\text{pK}_s$  – Werte der Kohlensäure sind:  $\text{pK}_{s1} = 6,4$ ;  $\text{pK}_{s2} = 10,3$

**pH >7**



**b. Aluminium(III)perchlorat-Lösung**

**pH <7** Salz aus schwacher Base und starker Säure



$$K_B \cdot K_S = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^{1+}) \cdot c(\text{A}^{1-}) \cdot c(\text{OH}^{1-}) \cdot c(\text{HA})}{c(\text{A}^{1-}) \cdot c(\text{HA})}$$
$$K_B \cdot K_S = c(\text{H}_3\text{O}^{1+}) \cdot c(\text{OH}^{1-}) = 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{l}^2}$$

bzw.  $\text{pK}_S + \text{pK}_B = 14$

**c. Ammoniumchlorid-Lösung ( $K_s(\text{HCl}) = 1 \cdot 10^6 \text{ mol/L}$ ,  $K_b(\text{NH}_3) = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ )**

$$\text{p}K_s(\text{HCl}) = -6$$

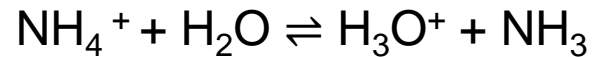
$$\text{p}K_b(\text{NH}_3) = 4,74 \quad \text{p}K_s(\text{NH}_4^+) = 9,26$$

$\text{NH}_4\text{Cl}$  in Wasser:  $\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$

$$\text{pH} < 7$$

$\text{Cl}^-$  Salz einer starken Säure  $\rightarrow$  schwache Base

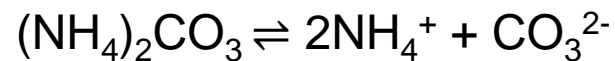
$\text{NH}_4^+$  Salz einer mittelstarken Base  $\rightarrow$  mittelschwache Säure



**d. Ammoniumcarbonat-Lösung ( $K_{S1}(\text{Kohlensäure}) = 4.2 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$ ,  $K_{S2}(\text{Kohlensäure}) = 4.8 \cdot 10^{-11} \text{ mol/L}$ ,  $K_B(\text{Ammoniak}) = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ )**

$$\text{p}K_{S1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,38$$

$$\text{p}K_{S1}(\text{HCO}_3^-) = 10,32$$



Da  $\text{p}K_s > \text{p}K_B \rightarrow \text{pH} > 7$



8. 2 L einer Lösung enthalten 0.10 mol Essigsäure und 0.13 mol Natriumacetat.

( $K_s(\text{Essigsäure}) = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ )

a. Welchen pH-Wert hat diese Lösung?

b. Welchen pH-Wert hat die Lösung nach Zugabe von 0.02 mol KOH?

c. Welchen pH-Wert hat die Lösung nach Zugabe von 10 cm<sup>3</sup> einer 2 mol/dm<sup>3</sup> Salpetersäure

**Lösung?**

a)

$c(\text{HOAc}) = 0.05 \text{ mol/L}; c(\text{NaOAc}) = 0.065 \text{ mol/L}$

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \log_{10} \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}, = 4,74 + 0,114 = 4,85$$

$$\text{p}K_s = -\log_{10} \left( K_s \cdot \frac{1}{\text{mol}} \right) = 4,74$$

**Hendersen-Hasselbach Gleichung**

b) Vorher HOAc = 0.1 mol nach Zugabe: 0,08 mol  
OAc<sup>-</sup> = 0.13 mol 0,15 mol

$$\log(0,15/0,08) = 0,273$$

$$\text{pH} = 4,74 + 0,27 = 5,01$$

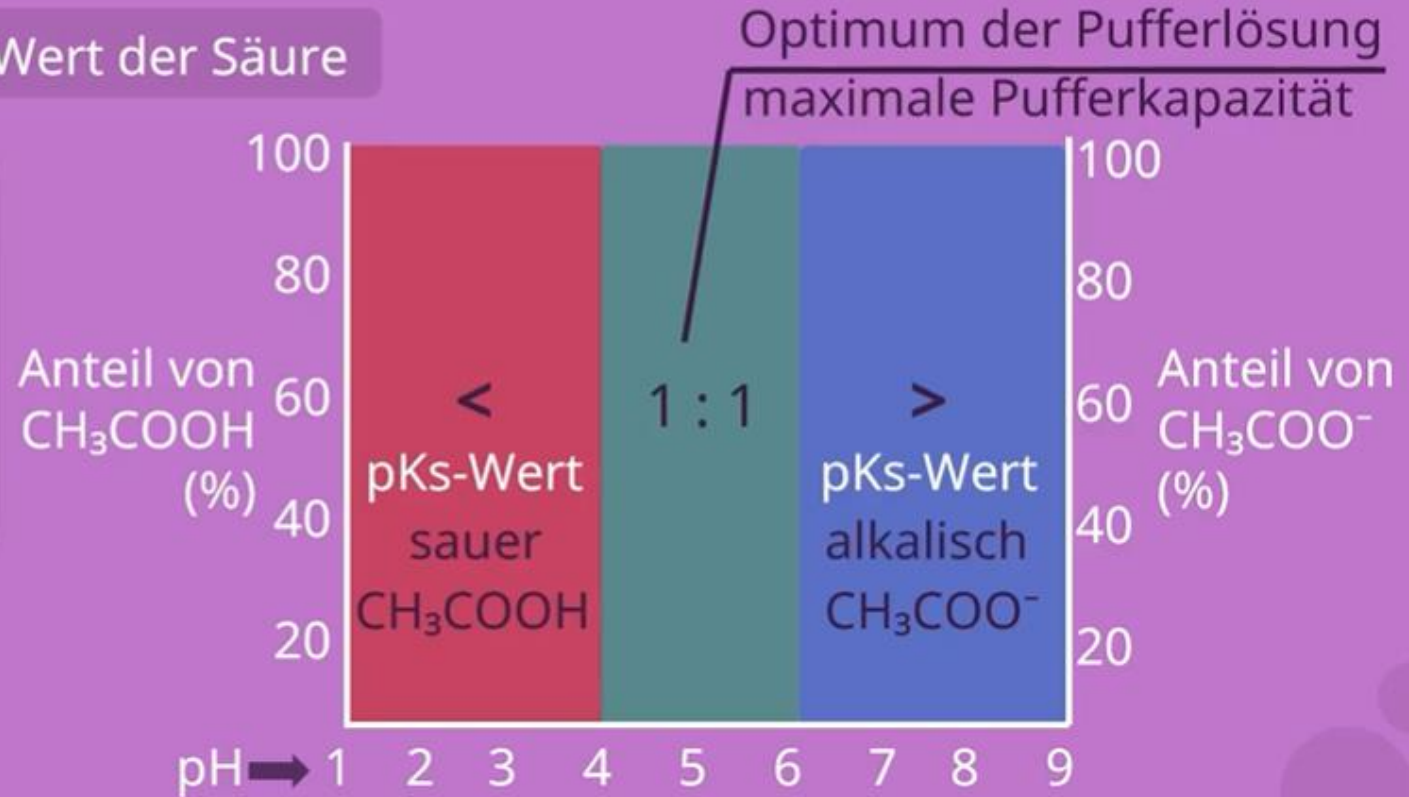
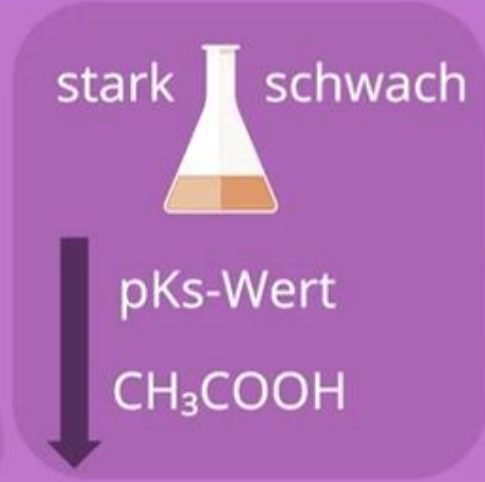
c) 10 cm<sup>3</sup> = 10mL;  $c = 2 \text{ mol/L}; n = 0,01 \text{ L} \cdot 2 \text{ mol/L} = 0,02 \text{ mol}$

$$\log(0,11/0,12) = -0,038$$

$$\text{pH} = 4,74 - 0,04 = 4,70$$

# Das Optimum der Pufferlösung

pH-Optimum = pKs-Wert der Säure



## pH-Wert Puffer berechnen



Puffersäure

Base

Henderson-Hasselbalch-Gleichung

Puffer-  
gleichung

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



Puffersystem	pH-Bereich	
Essigsäure-Acetat-Puffer	3,7 bis 5,7	$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}_3\text{CCOO}^- \rightleftharpoons \text{H}_3\text{CCOOH} + \text{H}_2\text{O}$
Phosphatpuffer	5,4 bis 8,0	Dinatriumhydrogenphosphat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) + Kaliumdihydrogenphosphat ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )
Ammoniakpuffer	8,2 bis 10,2	$\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$
Kohlensäure- Bicarbonat-Puffer	6,2 bis 8,6	$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

# **Anorganische Experimentalchemie**

## **8. Übung:**

### **Edelgase & Halogene**

**1. Alle Halogene bilden Verbindungen der Formel HOX. Geben Sie die Struktur und den Namen der Verbindungen sowie die Oxidationszahl des jeweiligen Halogens an.**

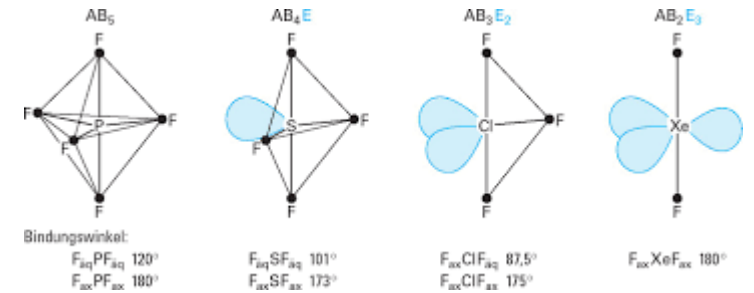
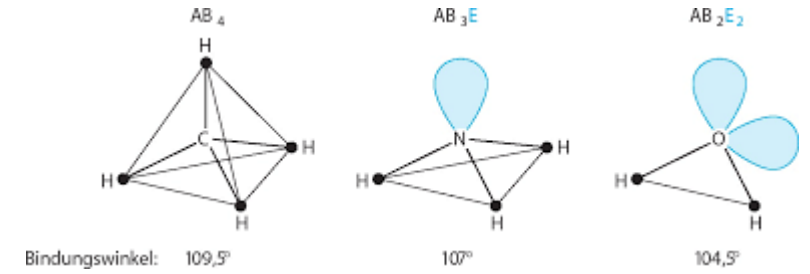
**Lösung:**

Struktur: gewinkelt

OZ:

HOF	Hypofluorige Säure	-1
HOCl	Hypochlorige Säure	+1
HOBr	Hypobromige Säure	+1
HOI	Hypoiodige Säure	+1

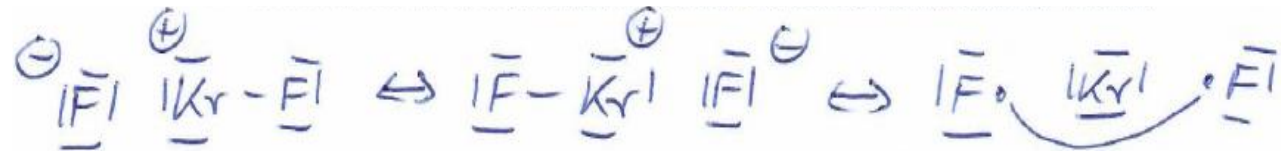
Number of Electron Dense Areas	Electron-Pair Geometry	Molecular Geometry				
		No Lone Pairs	1 lone Pair	2 lone Pairs	3 lone Pairs	4 lone Pairs
2	Linear	Linear				
3	Trigonal planar	Trigonal planar	Bent			
4	Tetrahedral	Tetrahedral	Trigonal pyramidal	Bent		
5	Trigonal bipyramidal	Trigonal bipyramidal	Sawhorse	T-shaped	Linear	
6	Octahedral	Octahedral	Square pyramidal	Square planar	T-shaped	Linear



2. Zu welcher Interhalogenverbindung ist das Fluoroxenyl-Kation isoelektronisch?

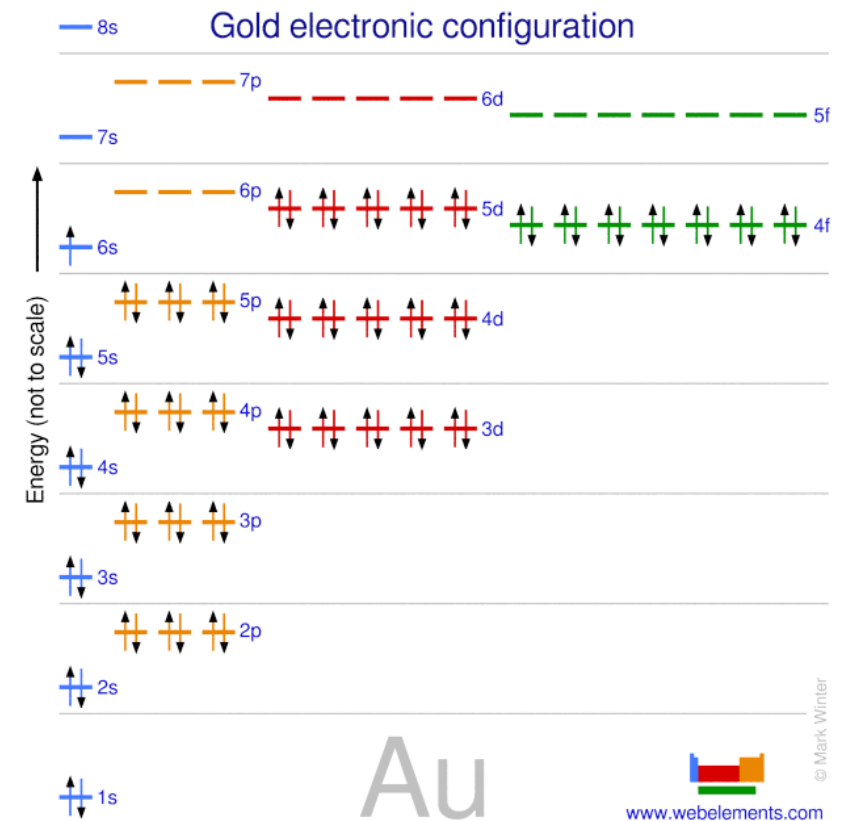


3. Schreiben Sie die drei wichtigsten mesomeren Resonanzstrukturen für  $\text{KrF}_2$  an.



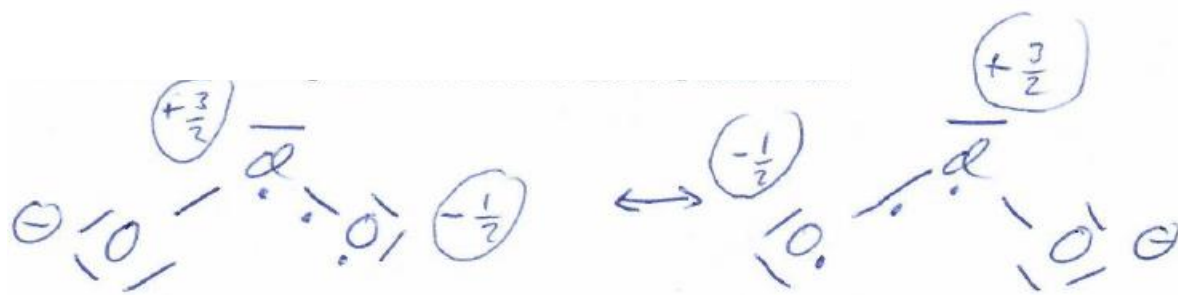
#### 4. Welche neutralen binären Fluor-Verbindungen des Goldes kennt man?

$AuF$ ,  $AuF_3$ ,  $AuF_5$





5. Schreiben Sie eine gute Lewis-Formel für das  $\text{ClO}_2$ -Molekül an.



## 6. Geben Sie eine Definition für Hiberty-Gewichte ( $w_{ii}$ ) an.

$$w_i = \frac{C_i^2}{\sum_i C_i^2}$$

ChatGPT 3.5 ▾

**You**  
Was sind Hiberty Gewichte?

**ChatGPT**  
Es scheint, dass es einen Tippfehler in Ihrer Frage gibt. "Hiberty Gewichte" meinen oder vielleicht etwas ander Gewichte" beziehen, könnte es mit Statistik oder Dater In diesem Fall könnte es sich um eine Methode handeln wird, beispielsweise bei der Berechnung von gewichtet statistischen Analysen.

Wenn Sie sich auf etwas anderes beziehen oder weiter das helfen, Ihnen besser zu antworten.

**You**  
What are Hiberty weights?

**ChatGPT**  
I'm sorry, but as of my last knowledge update in Januar information about "Hiberty weights." It's possible that t technology, or development that emerged or became l specialized term in a particular field, you might want to related to that field or provide more context for me to t you.

ChatGPT 4 ▾

to a specific field or study, further context would be needed to provide an accurate definition.

**Du**  
Die Aufgabe stammt aus einer Übung der anorganischen Chemie. Kannst du die handschriftliche Formel diesbezüglich erklären?

**ChatGPT**  
In der anorganischen Chemie könnten "Hiberty-Gewichte" im Zusammenhang mit quantenchemischen Berechnungen oder der Molekülorbitaltheorie stehen. Die handschriftliche Formel scheint ein Gewicht  $W_i$  für einen bestimmten Zustand  $i$  zu definieren, basierend auf einem Koeffizienten  $C_i$ , der wahrscheinlich die Beteiligung eines Atomorbitals oder einer bestimmten elektronischen Konfiguration an einem Molekülorbital beschreibt.

Die Formel

$$W_i = \frac{C_i^2}{\sum C_i^2}$$

berechnet das Gewicht eines Orbitalbeitrags, indem das Quadrat des Koeffizienten  $C_i$  für ein bestimmtes Orbital durch die Summe der Quadrate aller Koeffizienten  $C_i$  geteilt wird. Dies könnte eine Art Normierung darstellen, um die relative Bedeutung oder den Beitrag jedes Orbitals zum gesamten Molekülorbital oder einer Eigenschaft wie Bindungsordnung oder Elektronendichte zu ermitteln.

Das Quadrat des Koeffizienten,  $C_i^2$ , steht oft für die Wahrscheinlichkeit, ein Elektron in diesem speziellen Orbital zu finden, und die  $\sum$  im Nenner stellt sicher, dass die Ges

Ja, meine Studenten wissen eben mehr als ChetGPT 😊

T

8. Erhitzt man Kaliumchlorat(V) so entsteht KCl und  $\text{KClO}_4$ .

(a) Formulieren sie die Reaktionsgleichung.



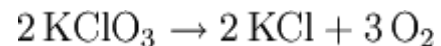
(b) Beschreiben Sie die Struktur des Perchlorat(VII)-Anions.

tetraedrisch

Erhitzen über den Schmelzpunkt



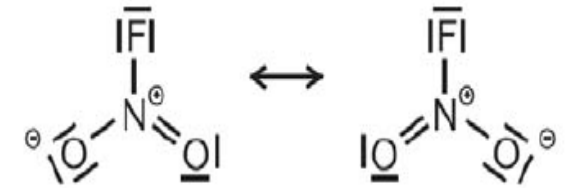
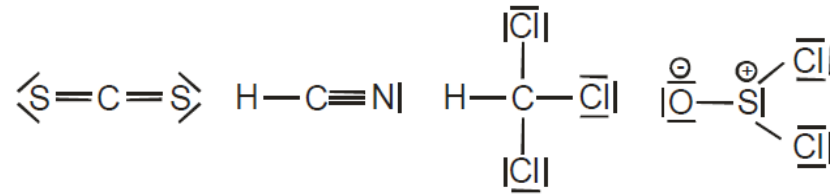
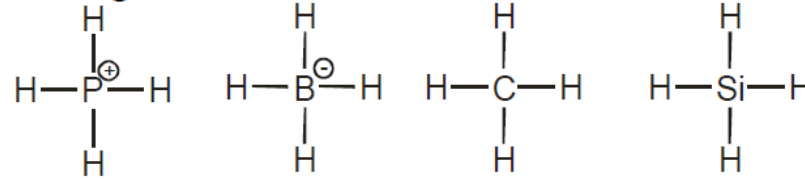
Beim Erhitzen über  $550^\circ\text{C}$  zerfällt es komplett in Sauerstoff und Kaliumchlorid. Diese Zersetzung findet bei Zugabe von Mangandioxid (Braunstein) als Katalysator schon bei  $150$  bis  $200^\circ\text{C}$  statt



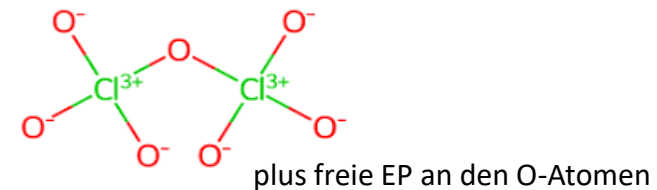
9. Zeichnen Sie die Valenzstrichformeln für folgende Moleküle einschließlich der Formalladungen und benennen diese.



Lösung:



Tetrahydrophosphonium, Tetrahydroborate, Methan, Silan,  
 Kohlenstoffdisulfid (Schwefelkohlenstoff), Blausäure  
 (Cyanwasserstoff), Trichlormethan (Chloroform), Thionylchlorid  
 (Thionyldichlorid), Nitrylfluorid, Dichlorheptaoxid  
 (Perchlorsäureanhydrid)

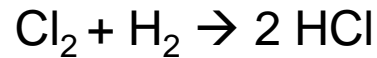


**10. Wie viel Gramm HCl Gas können sie maximal erhalten, wenn sie 20 g Chlorgas und 3 L Wasserstoffgas zur Reaktion bringen.**

**Erstellen sie zuerst die Reaktionsgleichung. Wie kann die Reaktion gestartet werden?**

**Skizzieren Sie den Energieverlauf ( $\Delta_f H(\text{HCl}) = -92 \text{ kJ/mol}$ )**

**Lösung:**



$$M(\text{Cl}_2) = 70,0 \text{ g/mol}, M(\text{H}_2) = 2,0 \text{ g/mol}, M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$20 \text{ g Cl}_2 \text{ entsprechen } n = m/M = 0,28 \text{ mol}$$

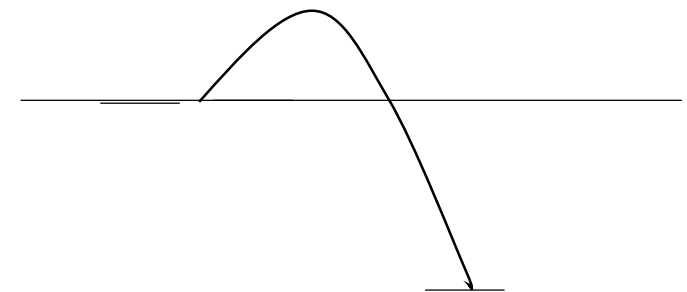
$$3 \text{ L H}_2 = 0,13 \text{ mol } (3 \text{ L} / 22,4 \text{ L mol}^{-1})$$

also maximal 0,26 mol HCl

$$m(\text{HCl}) = 0,26 \text{ mol} * 36,5 \text{ g/mol} = 9,49 \text{ g}$$

Reaktion kann z.B. mit Blitzlichtlampe gestartet werden.

Von 0 kJ/mol mit Aktivierungsenergieberg zu -92 kJ/mol.



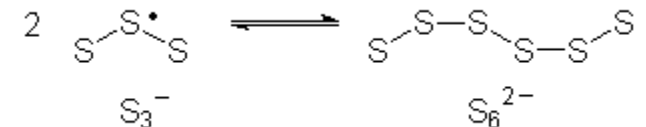
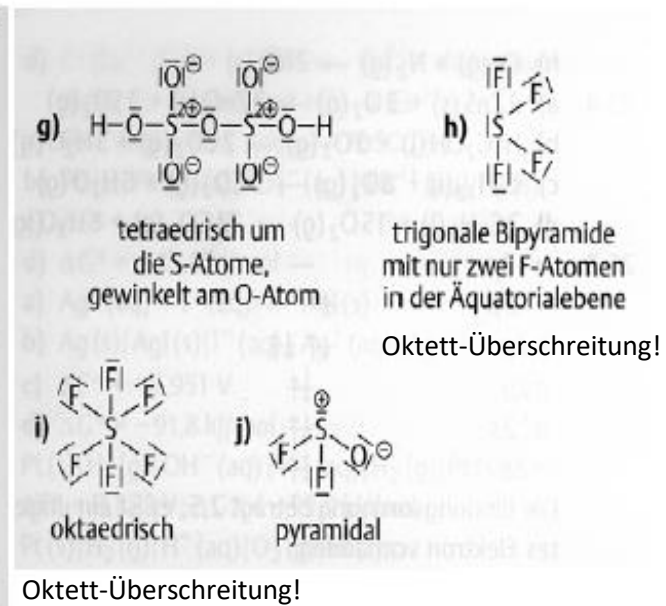
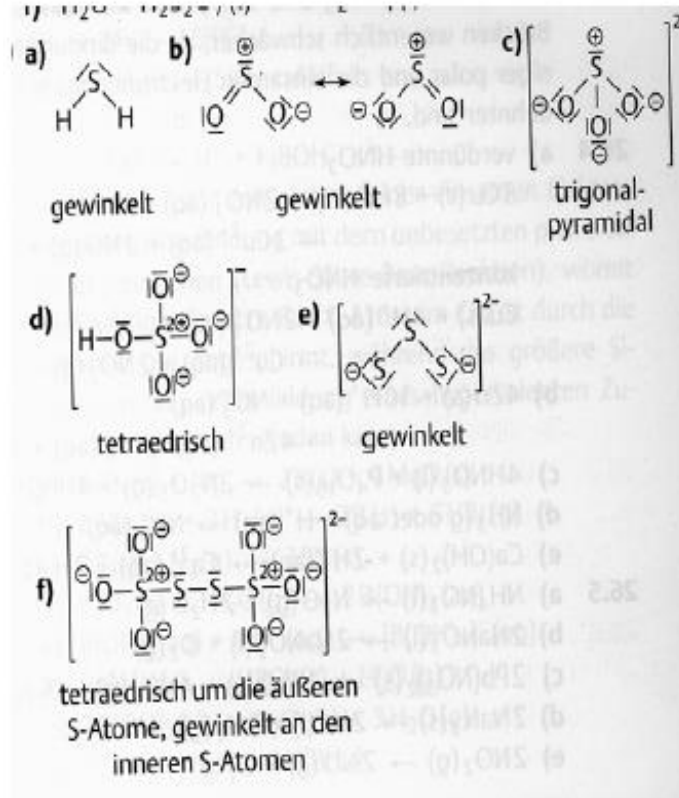
# **Anorganische Experimentalchemie**

## **9. Übung:**

### **VSEPR, Chalkogene & Metalle**

1. Zeichnen Sie die Konstitutionsformeln und geben Sie die Gestalt der Moleküle (bzw. Ionen) sowie die Oxidationszahl des Schwefels an für:

- a)  $\text{H}_2\text{S}$  -2
- b)  $\text{SO}_2$  +4
- c)  $\text{SO}_3^{2-}$  +4
- d)  $\text{HSO}_4^-$  +6
- e)  $\text{S}_3^{2-}$  -2/3
- f)  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$  +5/2
- g)  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$  +6
- h)  $\text{SF}_4$  +4
- i)  $\text{SF}_6$  +6
- j)  $\text{SOF}_2$  +4



**2. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Reaktionen von Sauerstoff mit:**

a) K

b) Na

c) Li

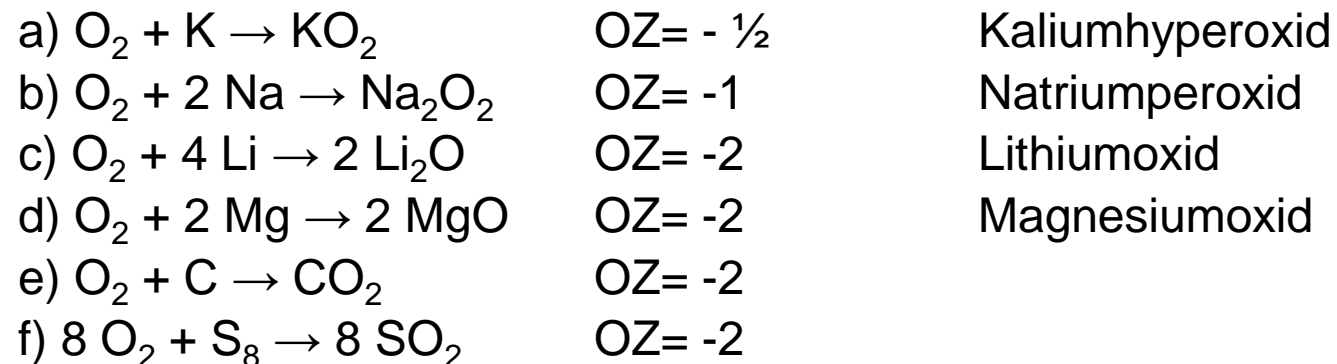
d) Mg

e) C

f) S<sub>8</sub>

**Geben Sie die Oxidationszahlen des Sauerstoffs in den Reaktionsprodukten an.**

**Lösung:**



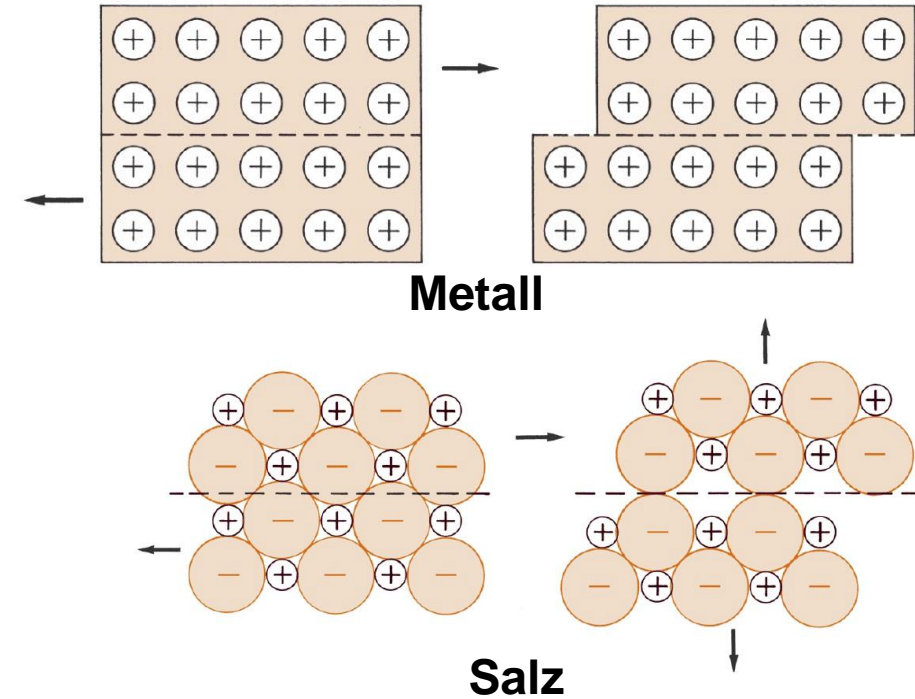
KO<sub>3</sub> = Kaliumozonid  
Rb<sub>6</sub>O = Rubidiumsuboxid



### 3. Nennen Sie 4 typische Eigenschaften von Metallen?

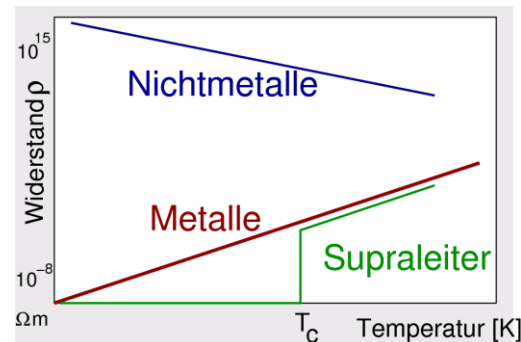
#### Lösung:

- Glanz
- elektr. Leitfähigkeit
- Wärmeleitfähigkeit
- Verformbarkeit



Material	$\lambda(\text{J s}^{-1} \text{m}^{-1} \text{K}^{-1})$
Diamant	2300
Kupfer	400
Aluminium	235
Duraluminium	170
Eisen (pur)	80
Stahl	50
Gusseisen	42-50
hoch legierte Stähle	15-80
Glas	1
Wasser	0.54
Holz	0.15
Luft	0.024
Argon	0.016
Vakuumdämmplatte	0.005

Wärmeleitfähigkeit



Elektrische Leitfähigkeit der Metalle bei 0 °C in  $10^6 \text{ S m}^{-1}$

Li 11,8	Be 18											Al 40		
Na 23	Mg 25													
K 15,9	Ca 23	Sc 1,7	Ti 1,2	V 0,6	Cr 6,5	Mn 20	Fe 11,2	Co 16	Ni 16	Cu 65	Zn 18	Ga 2,2		
Rb 8,6	Sr 3,3	Y 1,4	Zr 2,4	Nb 4,4	Mo 23	Tc	Ru 8,5	Rh 22	Pd 10	Ag 66	Cd 15	In 12	Sn 10	Sb 2,8
Cs 5,6	Ba 1,7	La 1,7	Hf 3,4	Ta 7,2	W 20	Re 5,3	Os 11	Ir 20	Pt 10	Au 49	Hg 4,4	Tl 7,1	Pb 5,2	Bi 1

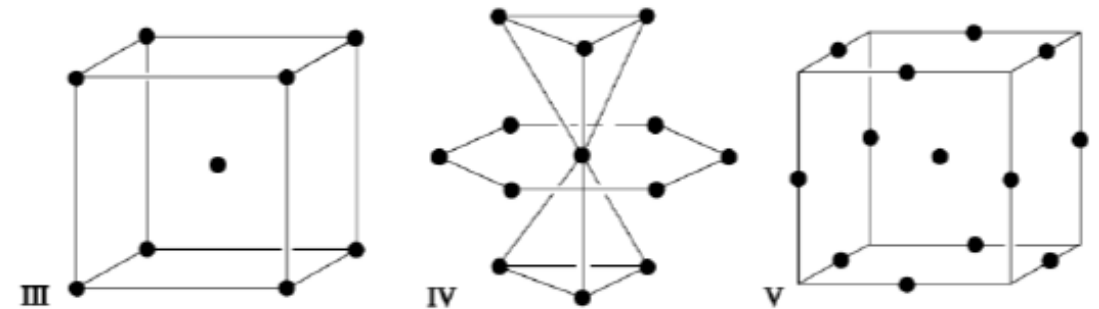
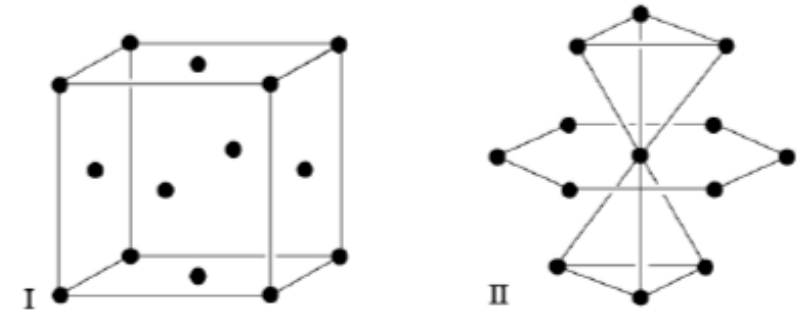
4. Etwa 80% der Metalle kristallisieren in einer der folgenden drei Gitterstrukturen: a) kubisch-dichteste Packung, b) kubisch-raumzentriertes Gitter und c) hexagonal-dichteste Packung. Ordnen Sie die fünf dargestellten Atomanordnungen den drei Strukturen zu und geben Sie die jeweiligen Koordinationszahlen an!

**Lösung:**

I, II, V: kdp, ccp, fcc

IV: hdp, hcp

III: kubisch innenzentriert, bcc, krz



5. Wie ist die Schichtabfolge bei der kubisch-dichtesten und bei der hexagonal-dichtesten Packung?

kdp: ABCABC

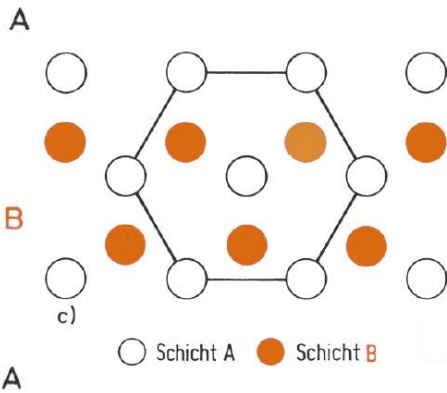
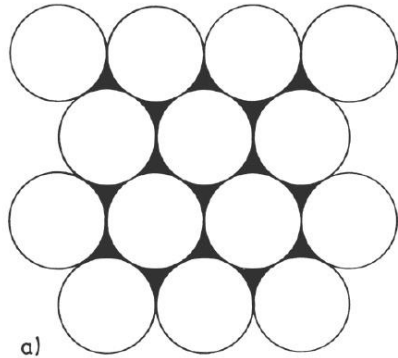
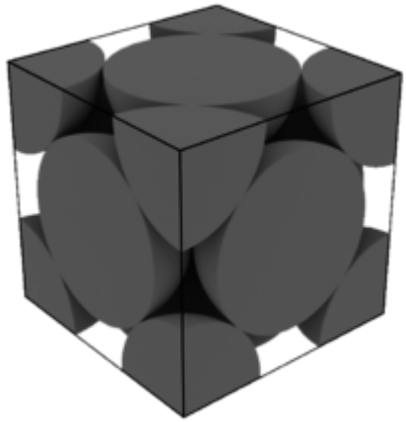
hdp: ABABAB

# Dichteste Kugelpackungen

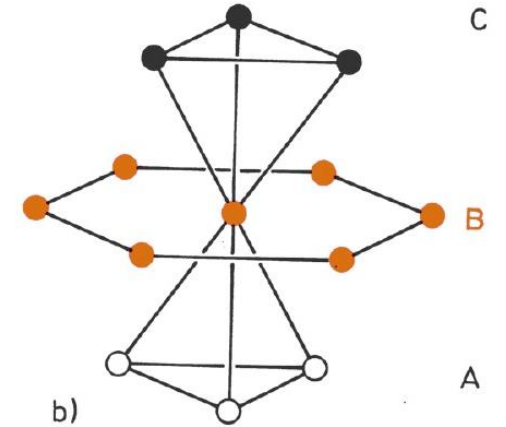
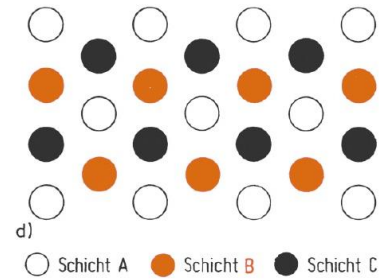
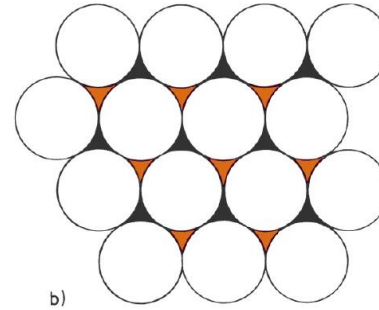
**Hexagonal-dichteste Packung (hdp):**  
Schichtenfolge ABAB ...

74% Raumerfüllung

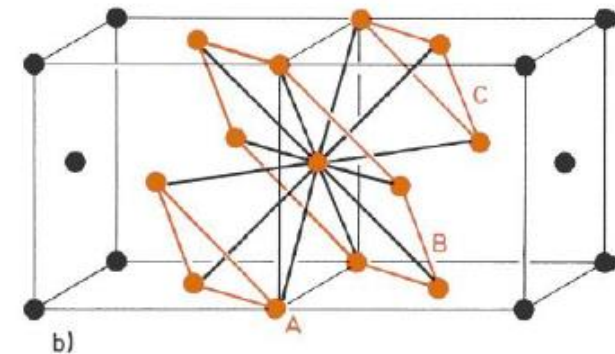
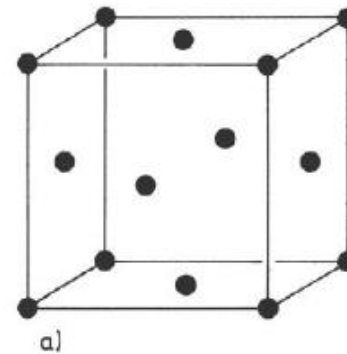
**Kubisch-dichteste Packung (kdp):**  
Schichtenfolge ABCABC



© 2007 Walter de Gruyter, Riedel/Janiak: Anorganische Chemie.

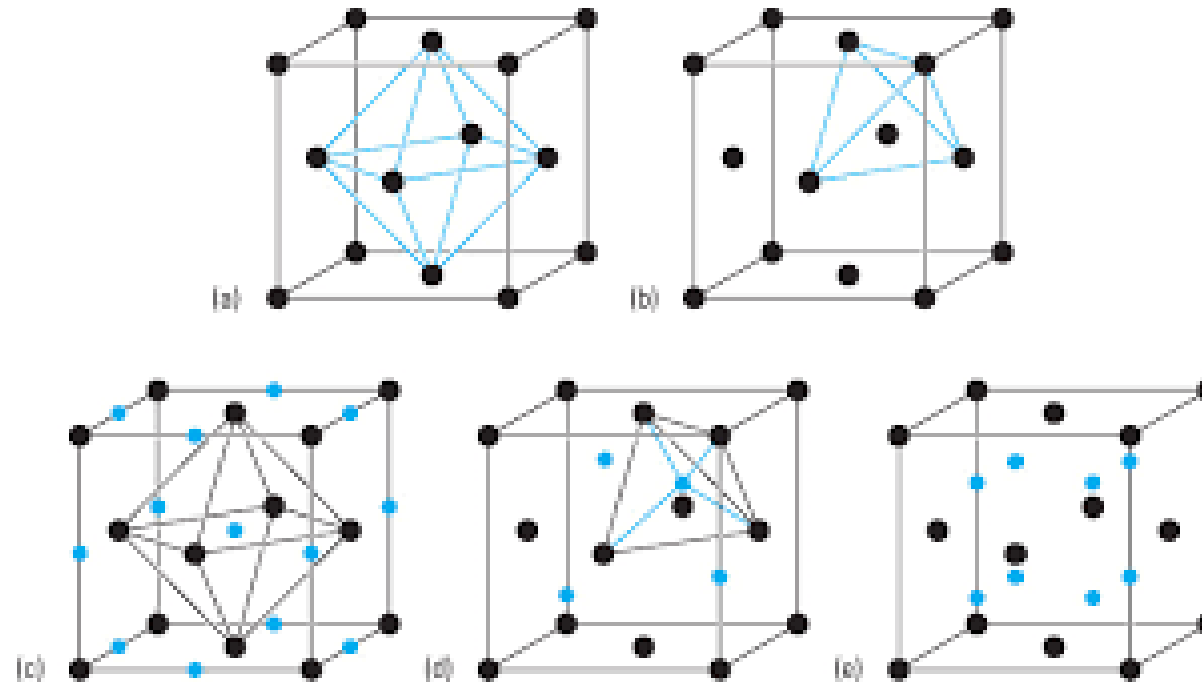


kdp:



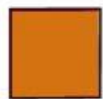
6. Zeichnen Sie die Elementarzelle der kubisch-dichtesten Packung. Wie viele Atome enthält diese Elementarzelle? Wie viele Tetraederlücken und wie viele Oktaederlücken sind in der Elementarzelle vorhanden?

Lösung:  
8 TL, 4 OL



# Kugelpackungen

Li	Be												
Na	Mg											Al	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb



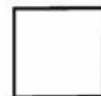
kubisch flächenzentriert



kubisch raumzentriert



hexagonal dicht



andere Strukturen

© 2007 Walter de Gruyter, Riedel/Janiak: Anorganische Chemie.

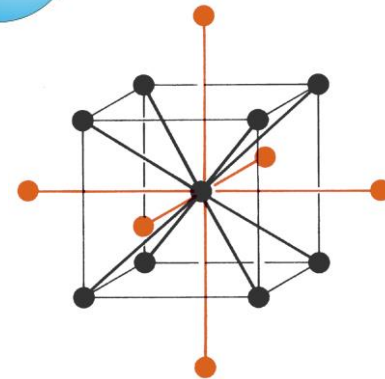
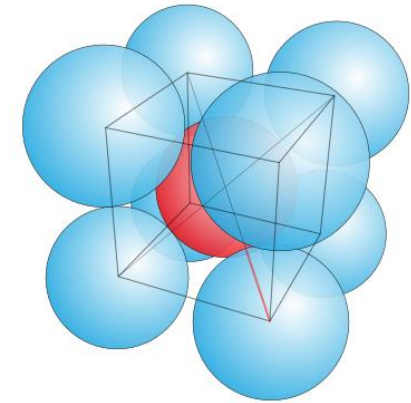
## Raumerfüllungen:

scp: 52,36%

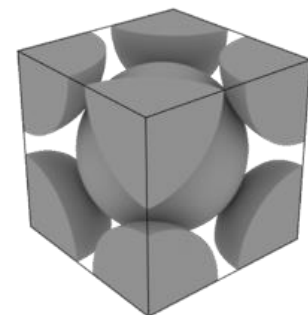
bcc: 68,02%

hdp, fcc: 74,05%

## Kubisch Raumzentrierte Kugelpackung



**Z = 2**  
**KZ = 8**



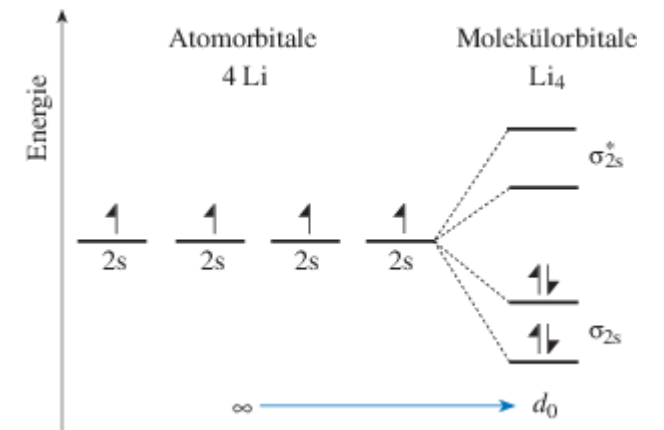
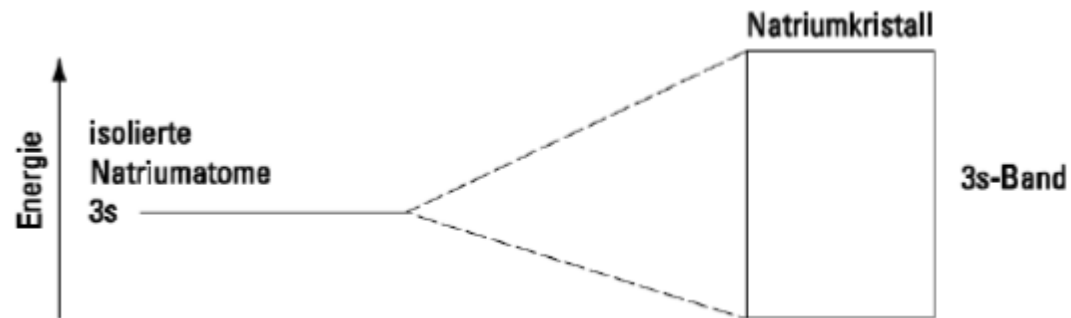
Alkalimetalle  
Vanadium & Chromgruppe

## 7. Wie lässt sich die gute elektrische Leitfähigkeit der Metalle erklären?

### Lösung:

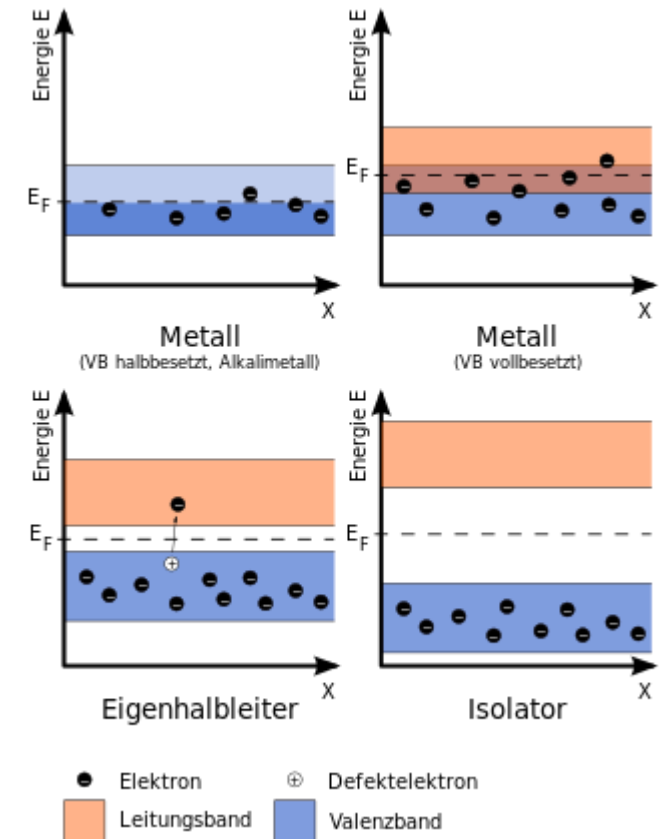
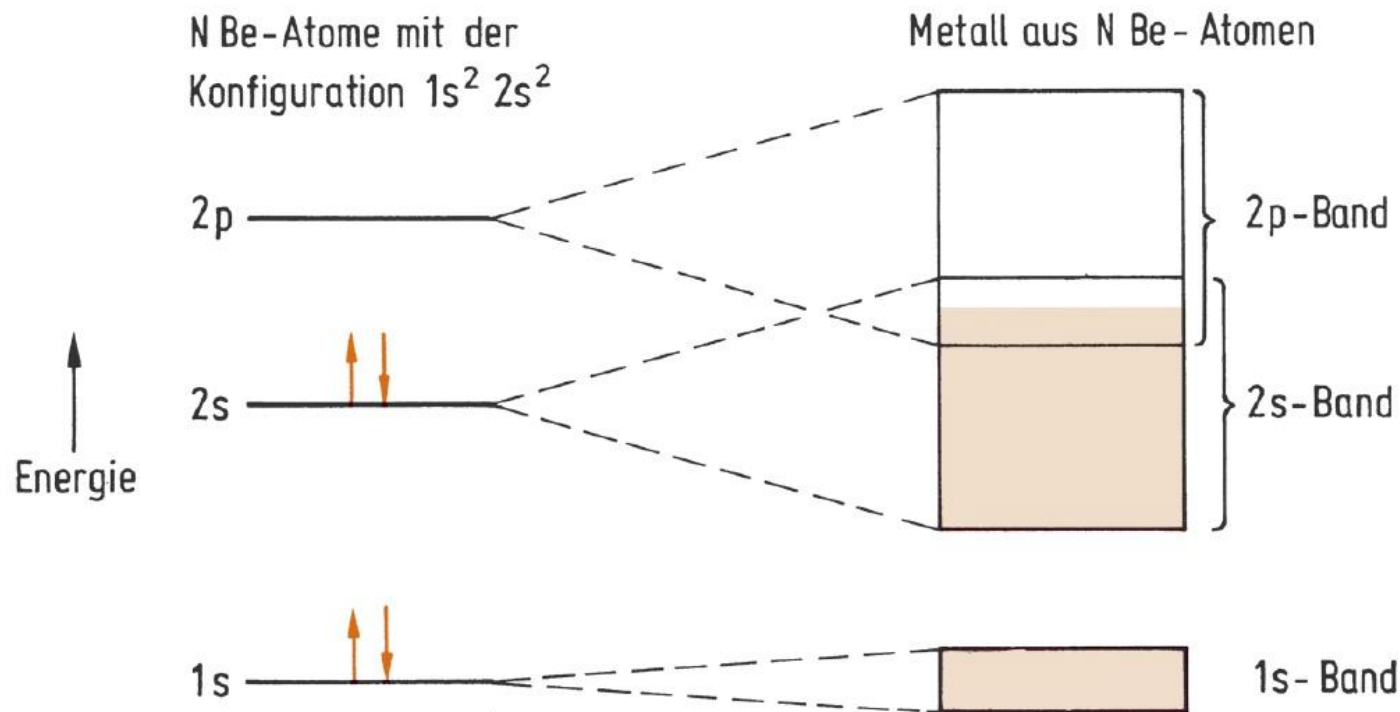
Elektronengasmodell, Bändermodell (Überlapp von Valenz und Leitungsband)

## 8. Skizzieren Sie die Besetzung des 3s-Bandes eines Natriumkristalls:



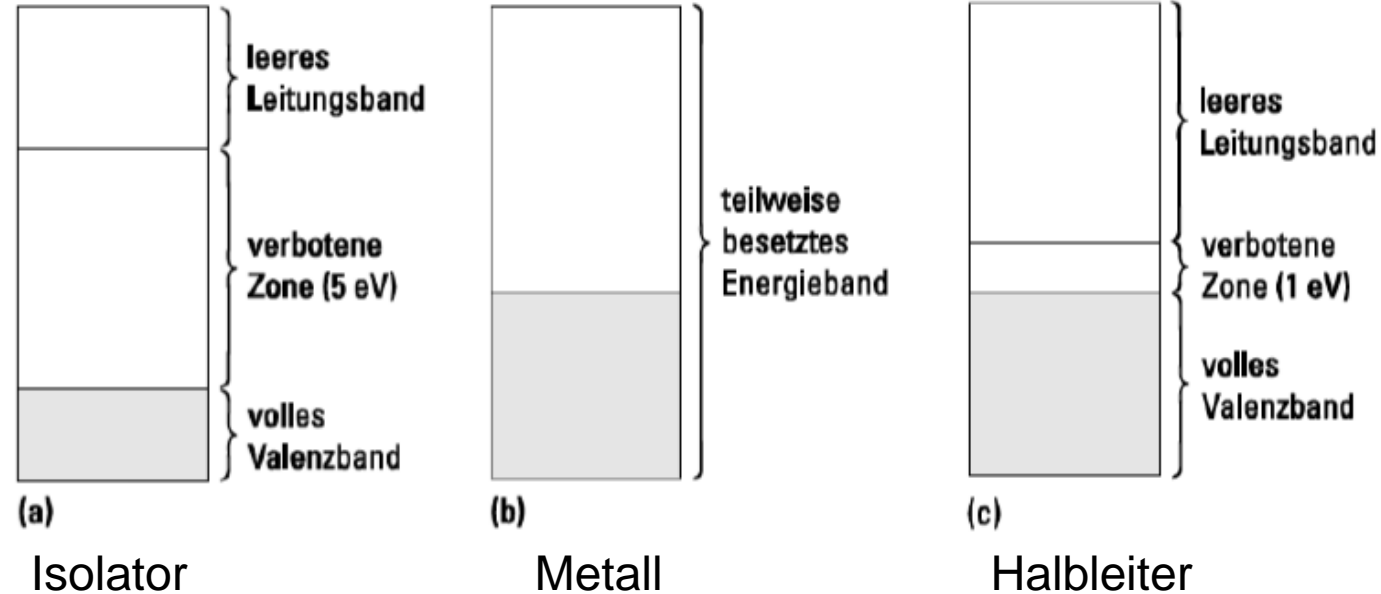
9. Im Gegensatz zu Natrium sollte in einem Magnesiumkristall das 3s-Band voll besetzt sein, da Magnesiumatome zwei s-Elektronen besitzen. Warum ist Magnesium trotzdem ein metallischer Leiter?

Lösung:



10. Ordnen Sie die folgenden Bänderschemata den drei Stoffklassen Metall, Isolator und Eigenhalbleiter zu!

Lösung:



11. Wie groß ist bei Substanzen, für die die obigen Bänderschemata *a)*, *b)* und *c)* gelten, jeweils der Energiebetrag, der notwendig ist, um ein Elektron aus dem obersten besetzten Energieniveau in das nächsthöhere Energieniveau zu bringen?

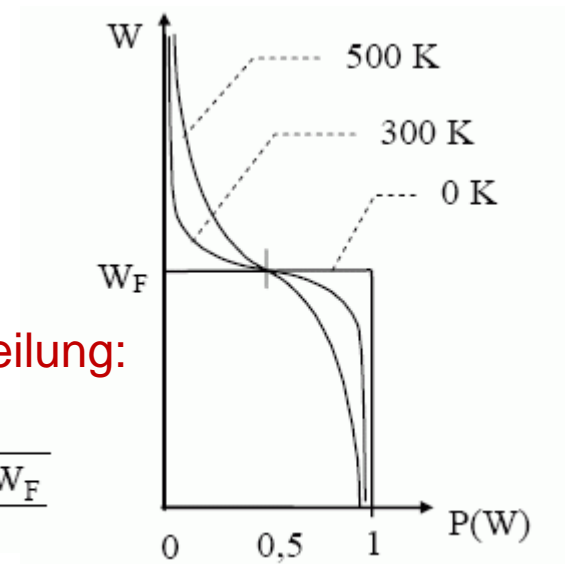
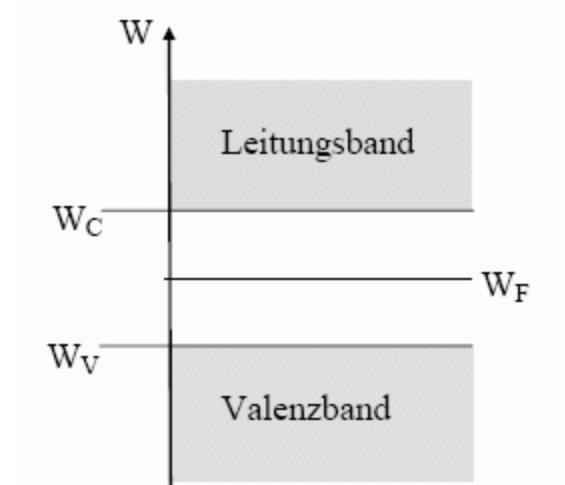
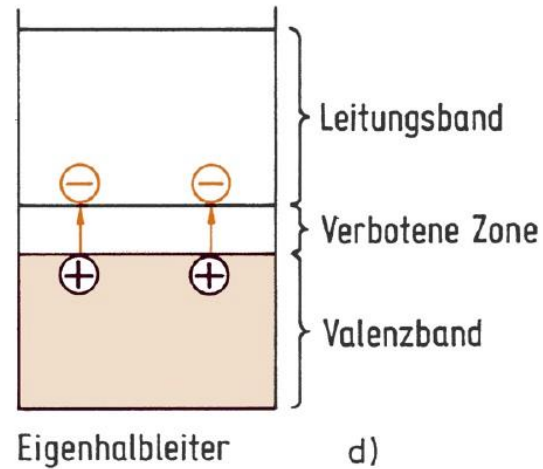
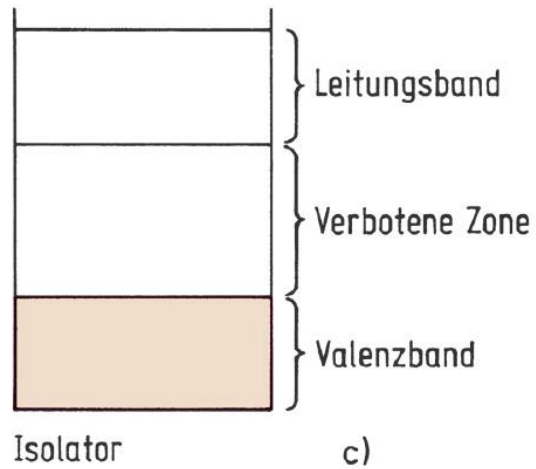
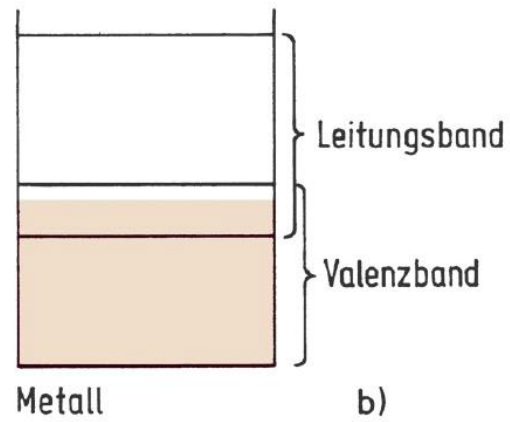
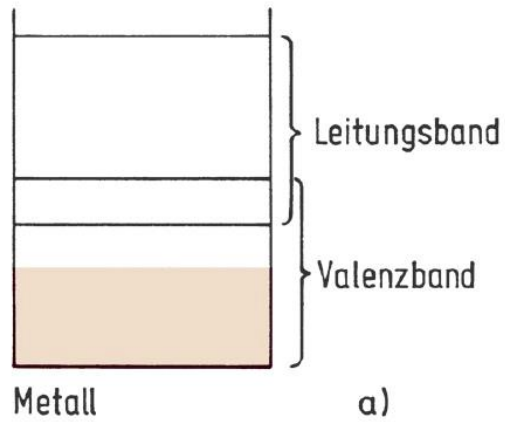
a) ca. 5eV

b) ca. 0 eV

c) ca. 1eV



# Bändermodell



© 2007 Walter de Gruyter, Riedel/Janiak: Anorganische Chemie.

Fermi-Dirac Verteilung:

$$P(W) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{W - W_F}{kT}\right)}$$

**Anorganische  
Experimentalchemie  
10. Übung:  
Redox und Elektrochemie**

1. Bestimmen sie die Oxidationsstufen der Atome in:

a. Sauerstoff, Hydrogenchlorid, Kaliumpermanganat, Salpetersäure, Eisen(III)sulfat, Wasserstoffperoxid, Ammoniak

b.  $\text{MnO}_3\text{F}$ ,  $\text{VOF}_3$ ,  $\text{CrO}_2\text{F}_2$ ,  $\text{VOF}_4^-$ ,  $\text{MoO}_2\text{F}_4^{2-}$ ,  $\text{Nb}_2\text{Cl}_{10}$ ,  $\text{ReOCl}_5^{2-}$ ,  $\text{Ru}_2\text{Cl}_{10}^{4-}$ ,  $\text{Ru}_2\text{Cl}_{10}\text{O}^{4-}$

c.  $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NaNH}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ ,  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{S}_8$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaC}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$

**Lösung:** Ox Zahlen eigentlich in römischen Ziffern

a)  $\overset{0}{\text{O}}_2$ ,  $\overset{+1}{\text{H}}\overset{-1}{\text{Cl}}$ ,  $\overset{+1}{\text{K}}\overset{+7}{\text{Mn}}\overset{-2}{\text{O}}_4^-$ ,  $\overset{+1}{\text{H}}\overset{+5}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}}_3$ ,  $\overset{+3}{\text{Fe}}_2(\overset{+6}{\text{S}}\overset{-2}{\text{O}}_4)_3$ ,  $\overset{+1}{\text{H}}_2\overset{-1}{\text{O}}_2$ ,  $\overset{-3}{\text{N}}\overset{+1}{\text{H}}_3$

b.  $\overset{+7}{\text{Mn}}\overset{-2}{\text{O}}_3\overset{-1}{\text{F}}$ ,  $\overset{+5}{\text{V}}\overset{-2}{\text{O}}\overset{-1}{\text{F}}_3$ ,  $\overset{+6}{\text{Cr}}\overset{-2}{\text{O}}_2\overset{-1}{\text{F}}_2$ ,  $\overset{+5}{\text{V}}\overset{-2}{\text{O}}\overset{-1}{\text{F}}_4^-$ ,  $\overset{+6}{\text{Mo}}\overset{-2}{\text{O}}_2\overset{-1}{\text{F}}_4^{2-}$ ,  $\overset{+5}{\text{Nb}}_2\overset{-1}{\text{Cl}}_{10}$ ,  $\overset{+5}{\text{Re}}\overset{-2}{\text{O}}\overset{-1}{\text{Cl}}_5^{2-}$ ,  $\overset{+3}{\text{Ru}}_2\overset{-1}{\text{Cl}}_{10}^{4-}$ ,  $\overset{+4}{\text{Ru}}_2\overset{-1}{\text{Cl}}_{10}\overset{-2}{\text{O}}^{4-}$

c.  $\overset{-2}{\text{N}}_2\overset{+1}{\text{H}}_4$ ,  $\overset{+1}{\text{Na}}\overset{-3}{\text{N}}\overset{+1}{\text{H}}_2$ ,  $\overset{+1}{\text{Na}}\overset{-1}{\text{H}}$ ,  $\overset{0}{\text{Fe}}(\overset{+2}{\text{C}}\overset{-2}{\text{O}})_5$ ,  $\overset{+2}{\text{Be}}\overset{-1}{\text{H}}_2$ ,  $\overset{0}{\text{S}}_8$ ,  $\overset{-3}{\text{C}}\overset{+1}{\text{H}}_3\overset{-1}{\text{C}}\overset{+1}{\text{H}}_2\overset{-2}{\text{O}}\overset{+1}{\text{H}}$ ,  $\overset{-2}{\text{C}}\overset{+4}{\text{C}}\overset{-1}{\text{Cl}}_4$ ,  $\overset{+3}{\text{Al}}_2\overset{-2}{\text{O}}_3$ ,  $\overset{2+}{\text{Ca}}\overset{-1}{\text{C}}_2$ ,  $\overset{+5}{\text{N}}_2\overset{-2}{\text{O}}_5$ ,  $\overset{1}{\text{H}}\overset{+5}{\text{P}}\overset{-2}{\text{O}}_4$ ,  $\overset{+1}{\text{N}}_2\overset{-2}{\text{O}}$

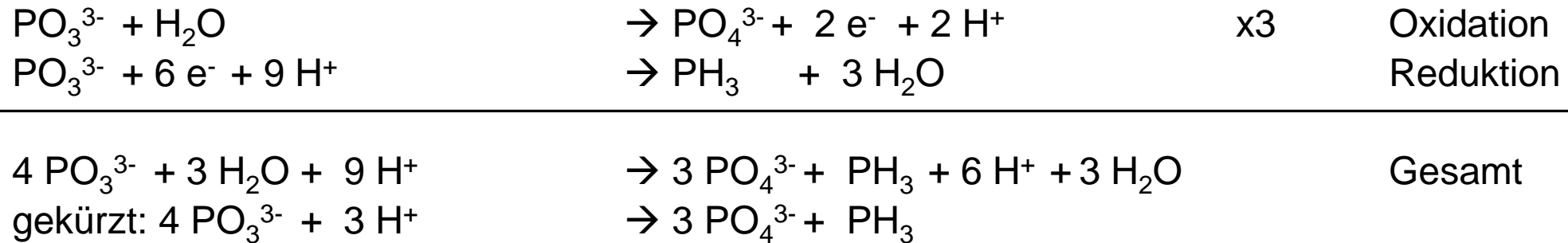
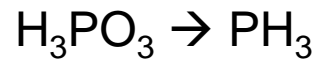
## 2. Phosphorige Säure zerfällt zu Phosphorsäure und Phosphan.

a) Um was für eine spezielle Redoxreaktion handelt es sich?

b) Stellen sie die vollständige Redoxgleichung mithilfe beider Teilgleichungen auf.  
Kennzeichnen Sie die Oxidation und Reduktion

**Lösung:** a) Disproportionierung

b)





**Du**

Stelle mir die Redoxgleichung der Disproportionierung von Phosphoriger Säure zu Phosphorsäure und Phosphan auf?



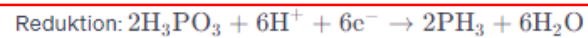
**ChatGPT**

Um die Redoxgleichung für die Disproportionierung von phosphoriger Säure ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ) zu Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) und Phosphan ( $\text{PH}_3$ ) aufzustellen, müssen wir zunächst die Oxidationszahlen der beteiligten Phosphoratome in den verschiedenen Verbindungen betrachten.

In  $\text{H}_3\text{PO}_3$ , hat Phosphor die Oxidationszahl +3. In  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , hat Phosphor die Oxidationszahl +5, und in  $\text{PH}_3$ , hat Phosphor die Oxidationszahl -3.

Die Redoxgleichung zeigt, dass Phosphor von +3 in  $\text{H}_3\text{PO}_3$  zu +5 in  $\text{H}_3\text{PO}_4$  oxidiert und zu -3 in  $\text{PH}_3$  reduziert wird. Dies ist ein klassischer Fall einer Disproportionierungsreaktion, bei der ein Element in einer mittleren Oxidationsstufe zu einer höheren und einer niedrigeren Oxidationsstufe reagiert.

Die Gleichungen lauten wie folgt:




falsch

Die Gesamtreaktion wird durch das Zusammenführen dieser beiden Halbreaktionen unter Berücksichtigung der Elektronenbilanz erhalten. Lassen Sie mich die endgültige ausgeglichene Gleichung für Sie berechnen.

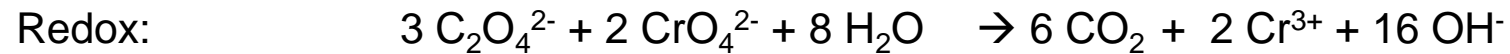
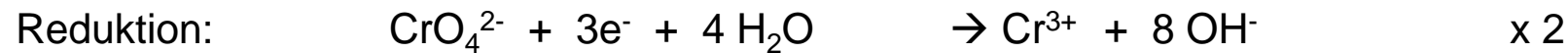
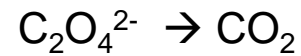
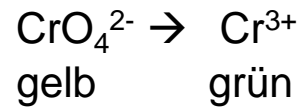
Die endgültige ausgeglichene Redoxgleichung für die Disproportionierung von phosphoriger Säure ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ) zu Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) und Phosphan ( $\text{PH}_3$ ) ist:



In dieser Reaktion disproportioniert phosphorige Säure, wobei ein Phosphoratom zu Phosphorsäure oxidiert wird und gleichzeitig  in anderes Phosphoratom zu Phosphan reduziert wird. [-]

3. Natriumchromat wird in Wasser gelöst und die Lösung färbt sich gelb. Bei Zugabe von Calciumoxalat (Calciumsalz der Oxalsäure) färbt sich die Lösung langsam grün und es entsteht ein Gas, welches Barytwasser trübt. Stellen sie die vollständige Redoxgleichung mithilfe beider Teilgleichungen auf.

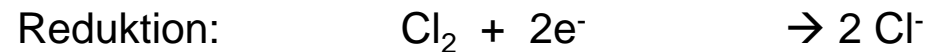
**Lösung:**



**4. Stellen Sie für die folgenden Reaktionen die Redox-Teilgleichungen sowie die Gesamtgleichung auf und bestimmen Sie die Oxidationszahlen von allen Atomen.**

**a. Calcium reagiert mit Chlor im *sauren Milieu* zu Calciumchlorid.**

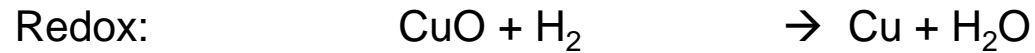
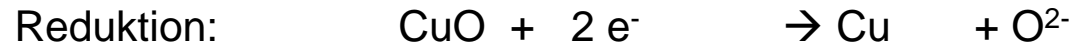
**Lösung:**



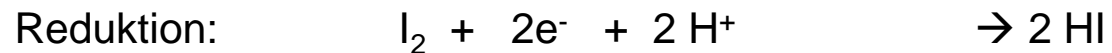
**b. Zink wird in Salzsäure aufgelöst. Dabei entstehen Zinkchlorid und Wasserstoff. Die Reaktion findet im *sauren Milieu* statt.**



**c. Kupferoxid und Wasserstoff reagieren im *alkalischen Milieu* zu Kupfer und Wasser.**

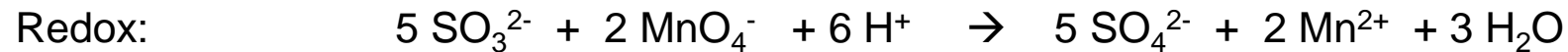
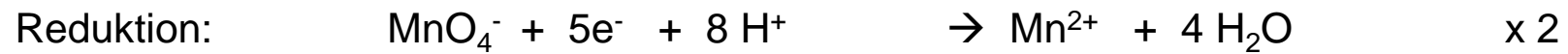


**d. Schweflige Säure und Iod reagieren im *sauren Milieu* zu Schwefelsäure und Iodwasserstoff.**

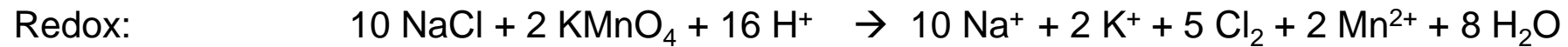




**e. Kaliumpermanganat reagiert in saurer Lösung mit Natriumsulfit zu Mangan(II)-Ionen und Sulfationen.**



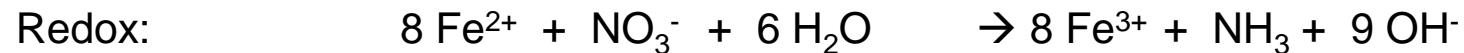
**f. Natriumchlorid reagiert mit Kaliumpermanganatlösung im sauren Milieu zu Chlor und Mangan(II)-Ionen.**



**g. Iodlösung wird mit Schwefliger Säure versetzt, es entstehen Iodionen und Sulfationen.**

siehe d

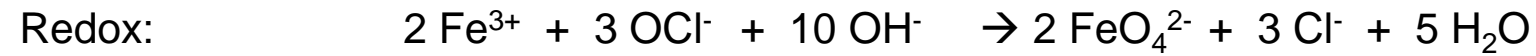
**h. Eine Lösung mit Eisen(II)-Ionen und Nitrationen reagiert im basischen Milieu zu Eisen(III)-Ionen und Ammoniak.**



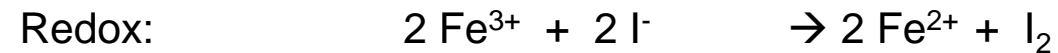
**i. Aluminium reagiert mit Wasser im basischen Milieu zu Tetrahydroxyaluminate  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  und Wasserstoff.**



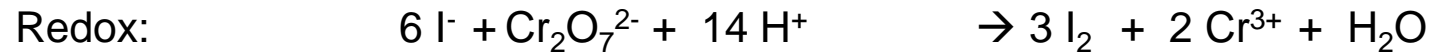
**j. Eisen(III)-hydroxidlösung reagiert mit Hypochloritionen (OCl<sup>-</sup>) zu FeO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - ionen und Chloridionen.**



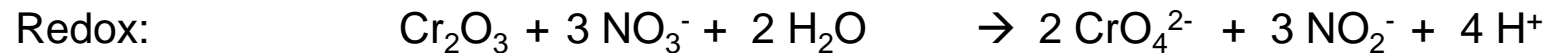
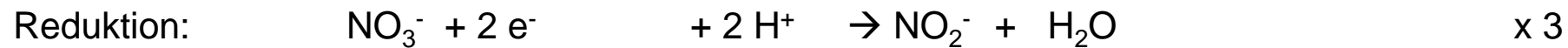
**k. Eisen(III)-Ionen reagieren mit Iodid-Ionen zu Eisen(II)-Ionen und Iod.**



**I. Dichromat-Ionen reagieren mit Iodid-Ionen zu Iod und Chrom(III)-Ionen.  
Die Reaktion findet im sauren pH-Wert-Bereich statt.**

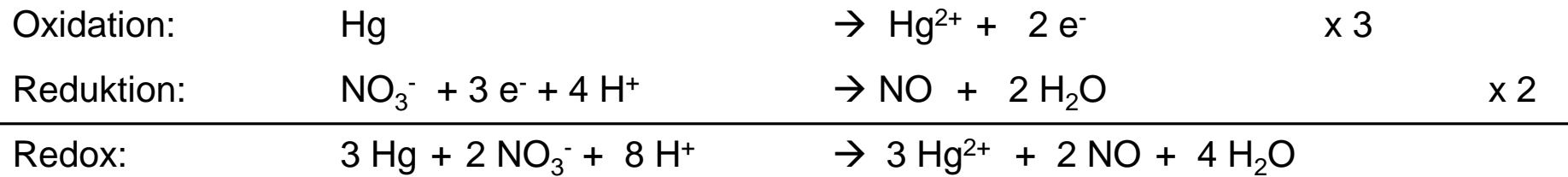


**m. Chrom(III)-Oxid reagiert mit Nitrat-Ionen zu Chromat-Ionen und Nitrit-Ionen.  
Dabei werden H<sub>+</sub>-Ionen frei.**

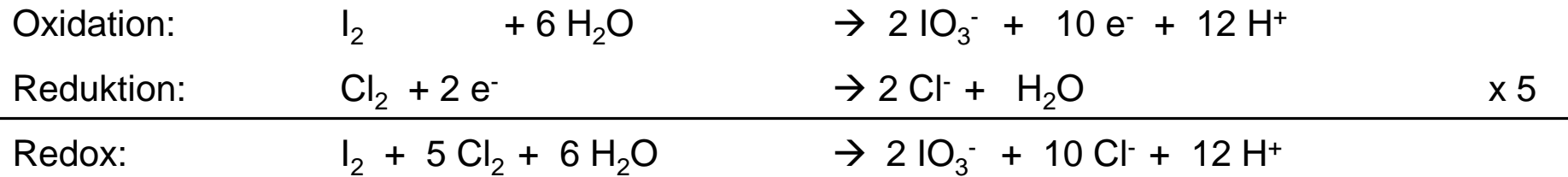


Schmelzreaktion

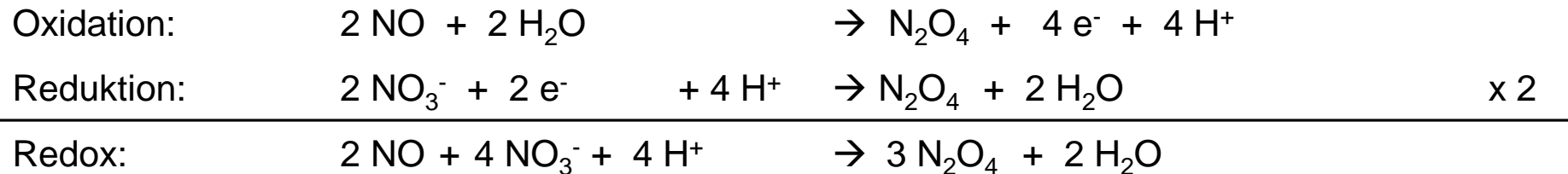
**n. Quecksilber reagiert mit Salpetersäure zu Quecksilber(II)-Ionen und Stickstoffmonoxid.**



**o. Iod und Chlor reagieren zu Iodat-Ionen und Chlorid-Ionen.**



**p. Stickstoffmonoxid und Salpetersäure reagieren zu Distickstofftetroxid und Wasser.**



	Reduziert	Oxidiert	Elektronen	E0 (V)	
Reduktionswirkung	$2F^-$	$F_2$	$+ 2e^-$	+2,87	Oxidationswirkung
	Au	$Au^{3+}$	$+ 3e^-$	+1,41	
	$2Cl^-$	$Cl_2$	$+ 2e^-$	+1,36	
	$6H_2O$	$O_2 + 4H_3O^+$	$+ 4e^-$	+1,23	
	Pt	$Pt^{2+}$	$+ 2e^-$	+1,20	
	$2Br^-$	$Br_2$	$+ 2e^-$	+1,07	
	Hg	$Hg^{2+}$	$+ 2e^-$	+0,85	
	Ag	$Ag^+$	$+ 1e^-$	+0,80	
	$2I^-$	$I_2$	$+ 2e^-$	+0,54	
	$4OH^-$	$O_2 + 2H_2O$	$+ 4e^-$	+0,40	
	Cu	$Cu^{2+}$	$+ 2e^-$	+0,35	
	$H_2 + 2H_2O$	$2H_3O^+$	$+ 2e^-$	+/-0	
	Pb	$Pb^{2+}$	$+ 2e^-$	-0,13	
	Ni	$Ni^{2+}$	$+ 2e^-$	-0,23	
	Fe	$Fe^{2+}$	$+ 2e^-$	-0,41	
	$S^{2-}$	S	$+ 2e^-$	-0,51	
	Zn	$Zn^{2+}$	$+ 2e^-$	-0,76	
Al	$Al^{3+}$	$+ 3e^-$	-1,66		
Na	$Na^+$	$+ 1e^-$	-2,71		
Li	$Li^+$	$+ 1e^-$	-3,04		

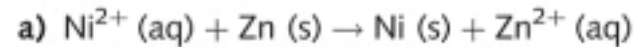
Reduzierte Form	Oxidierte Form	+ z e <sup>-</sup>	E° in V
Li	$Li^+$	$+ 1 e^-$	-3,04
K	$K^+$	$+ 1 e^-$	-2,92
Ca	$Ca^{2+}$	$+ 2 e^-$	-2,87
Na	$Na^+$	$+ 1 e^-$	-2,71
Al	$Al^{3+}$	$+ 3 e^-$	-1,68
Mn	$Mn^{2+}$	$+ 2 e^-$	-1,19
Zn	$Zn^{2+}$	$+ 2 e^-$	-0,76
$S^{2-}$	S	$+ 2 e^-$	-0,48
Fe	$Fe^{2+}$	$+ 2 e^-$	-0,41
Cd	$Cd^{2+}$	$+ 2 e^-$	-0,40
Sn	$Sn^{2+}$	$+ 2 e^-$	-0,14
Pb	$Pb^{2+}$	$+ 2 e^-$	-0,13
$H_2 + H_2O$	$2 H_3O^+$	$+ 2 e^-$	0
$Sn^{2+}$	$Sn^{4+}$	$+ 2 e^-$	+0,15
Cu	$Cu^{2+}$	$+ 2 e^-$	+0,34
$2 I^-$	$2 I_2$	$+ 2 e^-$	+0,54
$Fe^{2+}$	$Fe^{3+}$	$+ 1 e^-$	+0,77
Ag	$Ag^+$	$+ 1 e^-$	+0,80
$NO + 6 H_2O$	$NO_3^- + 4 H_3O^+$	$+ 3 e^-$	+0,96
$2 Br^-$	$Br_2$	$+ 2 e^-$	+1,07
$6 H_2O$	$O_2 + 4 H_3O^+$	$+ 4 e^-$	+1,23
$2 Cr_3+ + 21 H_2O$	$Cr_2O_7^{2-} + 14 H_3O^+$	$+ 6 e^-$	+1,33
$2 Cl^-$	$Cl_2$	$+ 2 e^-$	+1,36
$Pb^{2+} + 6 H_2O$	$PbO_2 + 4 H_3O^+$	$+ 2 e^-$	+1,46
Au	$Au^{3+}$	$+ 3 e^-$	+1,50
$Mn^{2+} + 12 H_2O$	$MnO_4^- + 8 H_3O^+$	$+ 5 e^-$	+1,51
$2 F^-$	$F_2$	$+ 2 e^-$	+2,87

5. Stellen Sie die Gleichungen für die Elektrodenreaktionen folgender galvanischer Zellen auf und berechnen Sie die Zellspannung unter Standardbedingungen.

a) Ni/Ni<sup>2+</sup> // Zn<sup>2+</sup>/Zn

b) Cu/Cu<sup>2+</sup> // Ag<sup>+</sup>/Ag

c) Mg/Mg<sup>2+</sup> // 2 Cl<sup>-</sup>/Cl<sub>2</sub>



$$U_{\text{H}}^0 (\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,23 \text{ V}$$

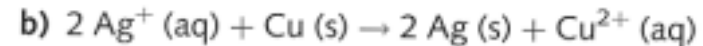
$$U_{\text{H}}^0 (\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$$

$$U = U_{\text{H}}^0 (\text{Akzeptor}) - U_{\text{H}}^0 (\text{Donator})$$

$$U = -0,23 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = 0,53 \text{ V}$$

positiveres Potential ⇒ Akzeptorhalbzelle

negativeres Potential ⇒ Donatorhalbzelle



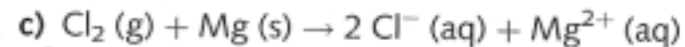
$$U_{\text{H}}^0 (\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80 \text{ V}$$

$$U_{\text{H}}^0 (\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,35 \text{ V}$$

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

positiveres Potential ⇒ Akzeptorhalbzelle

negativeres Potential ⇒ Donatorhalbzelle



$$U_{\text{H}}^0 (\text{Cl}_2/2 \text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$$

$$U_{\text{H}}^0 (\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,36 \text{ V}$$

$$U = 1,36 \text{ V} - (-2,36 \text{ V}) = 3,72 \text{ V}$$

positiveres Potential ⇒ Akzeptorhalbzelle

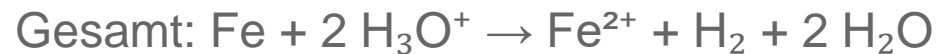
negativeres Potential ⇒ Donatorhalbzelle

Die Potentiale der drei Zellen betragen unter Standardbedingungen 0,53 V; 0,45 V und 3,72 V.

6. Konservendosen bestehen aus "Weißblech". Dieses wird hergestellt, indem man Eisenblech elektrolytisch verzinkt. Welche Art von Korrosion läuft ab, wenn der Überzug aus Zinn zerstört wird?

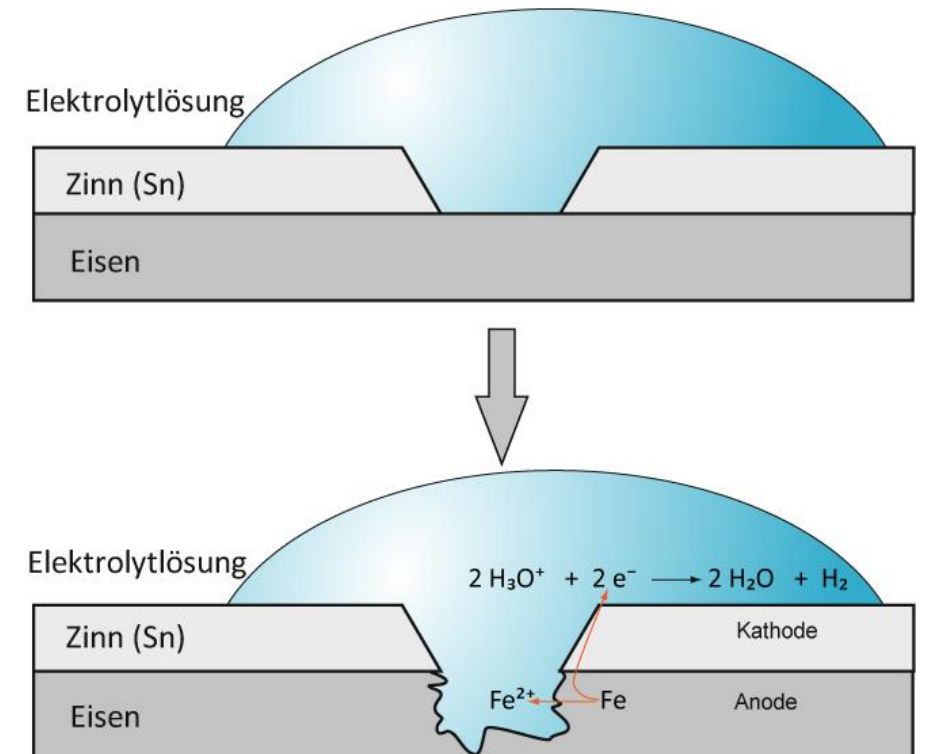
**Lösung:**

Bei Anwesenheit eines Elektrolyten beginnt sich das Eisen des Weißblechs aufzulösen. An der Berührungsstelle zwischen Eisen und Zinn entsteht ein **Lokalelement**. Eisen als Element mit dem kleineren Standard-Elektrodenpotential geht unter Abgabe von Elektronen in Lösung, das edlere Zinn wird nicht oxidiert.



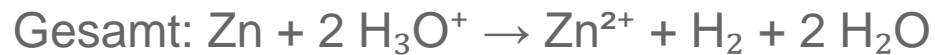
Durch die Beschädigung des Sn-Überzugs entsteht ein kurzgeschlossenes galvanisches Element.

Das unedle Metall (hier Eisen) wird dabei anodisch oxidiert. Eine Weißblechdose rostet viel schneller und zersetzt sich.





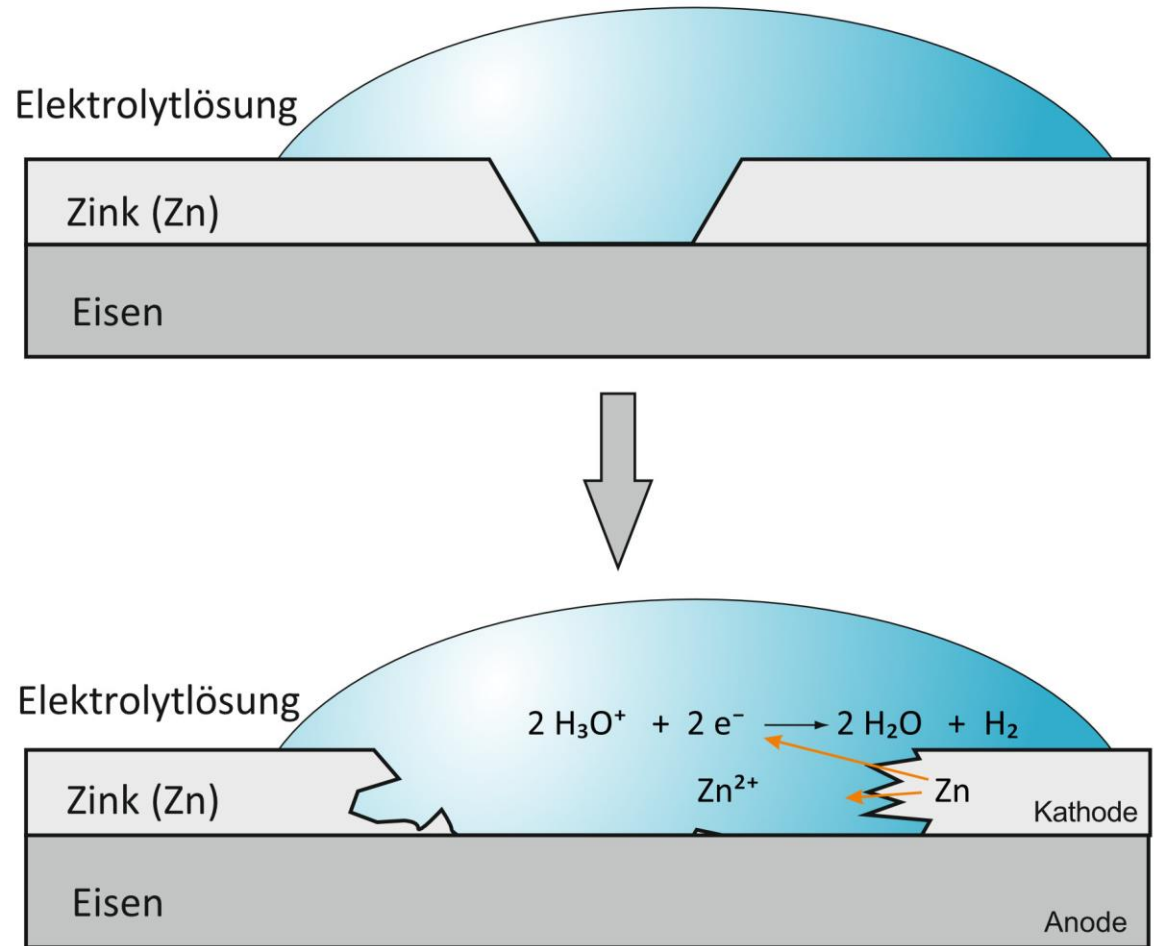
**Anwendung:** Verzinkte Bleche,



Durch die Beschädigung des Zn-Überzugs entsteht ein kurzgeschlossenes galvanisches Element.

Das unedle Metall (hier Zink) wird dabei anodisch oxidiert.

**Opferanode:** Eine Opferanode ist ein Block aus einem **elektrochemisch „unedlen“ Metall**. Sie ist elektrisch leitend mit den zu schützenden („edleren“) Metallen verbunden.



**7. Ein saures Abwasser mit dem pH-Wert 1 enthält Blei(II)-Ionen, die bei diesem pH-Wert nicht elektrolytisch abgeschieden werden können. Berechnen Sie, ab welchem pH-Wert Blei(II)-Ionen unter Standardbedingungen abgeschieden werden können. Überspannungseffekte sollen nicht berücksichtigt werden.**

Die Abscheidung von Wasserstoff ist möglich, sobald die Potentialdifferenz positiv ist, sobald also das Akzeptorpotential (H<sup>+</sup>/H<sub>2</sub>-Halbzelle) größer ist als das Donatorpotential (Pb<sup>2+</sup>/Pb-Halbzelle):

$$\begin{aligned}
 U_H (\text{Akzeptor}) &> U_H (\text{Donator}) \\
 U_H^0 (\text{H}^+/\text{H}_2) + 0,059 \text{ V} \cdot \lg c (\text{H}^+) &> U_H^0 (\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) \\
 0 \text{ V} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg c (\text{H}^+) &> -0,13 \text{ V} \\
 \lg c (\text{H}^+) &> -2,203 \\
 \text{pH} &< 2,2
 \end{aligned}$$

Blei-Ionen können unter Standardbedingungen nur bei pH-Werten >2,2 abgeschieden werden.

## Nernstsche Gleichung

$$E = E^\theta + \frac{0,059}{n} \text{ V} \lg \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$$

E = gesuchtes Redoxpotential in Volt

E = Normalpotential in Volt

n = Anzahl der umgesetzten Elektronen

[Ox] = Konzentration oxidierte Produkte

[Red] = Konzentration reduzierte Produkte

$$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{F \cdot z} \ln \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$$

## Nernst'sche Gleichung und pH-Wert

Für die Wasserstoff-Halbzelle:

$$\begin{aligned}
 E(\text{H}_2|\text{H}^+) &= 0,00 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * \log \frac{(10^{-\text{pH}})^2}{1} \\
 &= 0,00 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{2} * 2 * (-\text{pH}) \\
 &= -0,059 \text{ V} * \text{pH}
 \end{aligned}$$

Für die Sauerstoff-Halbzelle:

$$\begin{aligned}
 E(\text{O}_2|\text{H}_2\text{O}) &= 1,229 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{4} * \log \frac{1}{(10^{-\text{pOH}})^2} \\
 &= 1,229 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{4} * \log \frac{1}{(10^{-(14-\text{pH})})^2} \\
 &= 1,229 \text{ V} + \frac{0,059 \text{ V}}{4} * (-2) * (\text{pH} - 14) \\
 &= 1,229 \text{ V} - \frac{0,059 \text{ V}}{2} * (\text{pH} - 14)
 \end{aligned}$$

**8. In einem PKW wird 30 Minuten lang eine Warnblinkanlage mit einer Leistungsaufnahme von 90 Watt durch die Autobatterie (Bleiakku;  $U = 12\text{ V}$ ) betrieben. Berechnen Sie die Masse an gebildetem Blei(II)-sulfat, wenn beim Betrieb 6 % Leistungsverluste auftreten.**

**Lösung:**



Zur Lösung verwendet man das FARADAY-Gesetz:

$$P = U \cdot I$$

für einen Wirkungsgrad von 94 %:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{90\text{ W}}{12\text{ V}} = \frac{90\text{ V} \cdot \text{A}}{12\text{ V}} = 7,5\text{ A}$$

für einen Wirkungsgrad von 100 %:

$$I = 7,98\text{ A}$$

$$m = \frac{I \cdot t \cdot M}{F \cdot z} = \frac{7,98\text{ A} \cdot 1800\text{ s} \cdot 303,2\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{9,64 \cdot 10^4\text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 2} = 22,6\text{ g}$$

Da laut Gleichung zwei Mol Blei(II)-sulfat gebildet werden, muss der Wert verdoppelt werden. Es werden unter den gegebenen Bedingungen demzufolge 45,2 g Blei(II)-sulfat gebildet.

$$Q = nzeN_A = nzF$$

Ladungsmenge zur Abscheidung von n mol eines Ions mit der Ladung z

$$\downarrow n = \frac{m}{M}$$

$$Q = \frac{m}{M} zF$$

Q: Ladungsmenge in [C]  
m: abgeschiedene Masse  
M: Molare Masse  
Z: Ladung des Ions

$$\downarrow$$

$$m = \frac{M}{z} \times \frac{Q}{F}$$

Berechnung der durch Ladungsmenge Q abgeschiedenen Masse m

Aus Skript  
„Elektrochemie“

- Die elektrische Ladung 1 Coulomb (1 C) ist die Elektrizitätsmenge (Elektronenzahl), die ein Strom der Stromstärke I von 1 Ampere (1 A) in 1 Sekunde transportiert:

$$1\text{ C} = 1\text{ A} \cdot \text{s}$$

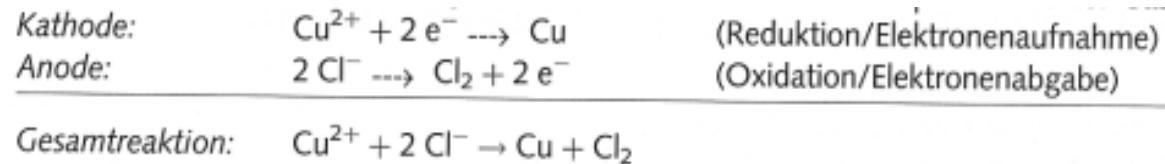
- Der Stromfluss in einem Stromkreis wird durch die elektrische Potentialdifferenz U (Spannung, Volt) verursacht. Eine Potentialdifferenz von 1 Volt erfordert eine Energie von 1 Joule, um die Ladungsmenge von 1 Coulomb zu bewegen:

$$1\text{ Joule} = 1\text{ V} \cdot \text{C} = 1\text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s} = 1\text{ Ws}$$

9. a) Beschreiben Sie die Vorgänge bei der Elektrolyse einer Kupfer(II)-chlorid-Lösung an Graphitelektroden durch Teilgleichungen.  
 b) Entfernt man nach einiger Zeit die Spannungsquelle und ersetzt sie durch ein Spannungsmessgerät, so kann man eine Spannung ablesen. Erklären Sie diese Beobachtung.  
 c) Warum ist dieser Effekt bei der Elektrolyse einer Kupfer(II)-sulfat-Lösung nicht zu beobachten?

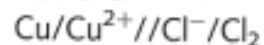
Lösung:

- a) Kupfer(II)-chlorid-Lösung wird zersetzt zu elementarem Kupfer und Chlor-Gas:



Die Wasserzersetzung tritt nicht auf.

- b) Während der Elektrolyse scheiden sich an den Graphit-Elektroden Chlor und Kupfer ab, die die Elektrodenoberflächen verändern. Es entstehen somit die Bedingungen für folgendes galvanisches Element:



Die Spannung ist niedriger als die theoretisch berechnete und fällt schnell ab.

- c) Bei einer Kupfer(II)-sulfat-Lösung wird an der Anode das Wasser zersetzt, weil Sulfat-Ionen ein zu hohes Potential haben. Die Anode wird dabei mit Sauerstoff besetzt. Es müssten in der Lösung Oxid-Ionen vorhanden sein, um die Bedingung für eine Halbzelle zu erfüllen.

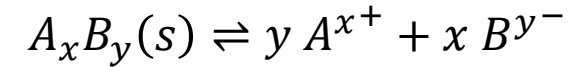
# Übung 11

## Löslichkeiten

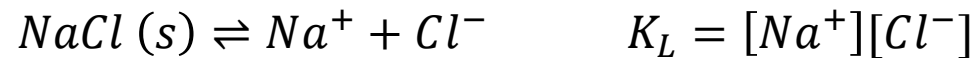
# Löslichkeitsprodukt



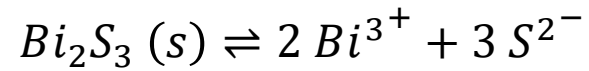
- Gleichgewicht zwischen Feststoff und hydratisierten Ionen
- Aufstellen des MWG
- Konz. des Feststoffs kann als konstant angenommen werden



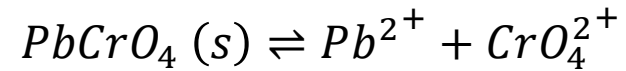
$$K_L = \frac{[A^{x+}]^y [B^{y-}]^x}{[A_x B_y]} = [A^{x+}]^y [B^{y-}]^x$$



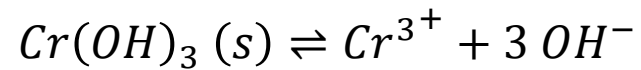
# Aufgabe 1



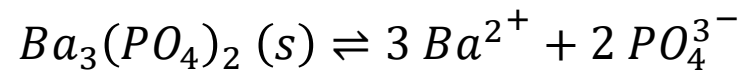
$$K_L = [\text{Bi}^{3+}]^2 [\text{S}^{2-}]^3$$



$$K_L = [\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}]$$

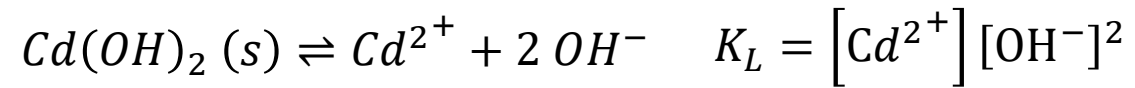


$$K_L = [\text{Cr}^{3+}] [\text{OH}^-]^3$$



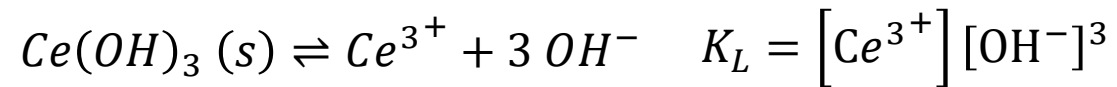
$$K_L = [\text{Ba}^{2+}]^3 [\text{PO}_4^{3-}]^2$$

## Aufgabe 2 + 3



$$[\text{Cd}^{2+}] = 1.7 \cdot 10^{-5} \text{ molL}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 2 \cdot [\text{Cd}^{2+}]$$

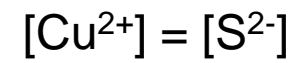
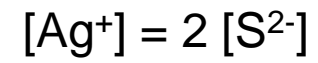
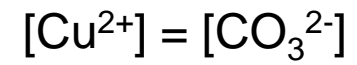
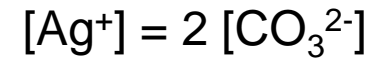


$$[\text{Ce}^{3+}] = 5.2 \cdot 10^{-6} \text{ molL}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 3 \cdot [\text{Ce}^{3+}]$$



# Aufgabe 4



## Aufgabe 5



$$K_L = [Ca^{2+}][F^-]^2$$

$$[F^-] = 2 [Ca^{2+}] \rightarrow [Ca^{2+}] = c \rightarrow [F^-] = 2c$$

$$[Ca^{2+}](CaF_2) \ll [Ca^{2+}](CaCl_2) \quad \bullet \quad [Ca^{2+}] = 0.1 \text{ molL}^{-1}$$

$$[F^-](CaF_2) \ll [F^-](NaF) \quad \bullet \quad [F^-] = 0.1 \text{ molL}^{-1}$$

# Lösungsenthalpie



- Wärmemenge:  $Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T$
- Lösungsenthalpie:  $H_{Lsg} = \frac{Q}{n}$
- $c_w$  = spezifische Wärmekapazität des Lösungsmittels

# Aufgabe 7



$$m = 100 \text{ g}, c_w = 4.18 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}, \Delta T = -12\text{K}$$

$$Q = 100 \text{ g} \cdot 4.18 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1} \cdot (-12 \text{ K}) = -5016 \text{ J}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{20 \text{ g}}{53.49 \text{ gmol}^{-1}} = 0.37 \text{ mol}$$

$$H_{Lsg} = \frac{Q}{n} = \frac{-5016 \text{ J}}{0.37 \text{ mol}} = -13.5 \text{ kJmol}^{-1}$$

## Aufgabe 8



Annahme: Einfluss von HCl und NaOH auf die Dichte von Wasser wird vernachlässigt  $\rightarrow \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ gmL}^{-1}$

$$m = 200 \text{ g}, c_w = 4.18 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}, \Delta T = 12\text{K}$$

$$Q = 200 \text{ g} \cdot 4.18 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1} \cdot (12 \text{ K}) = 10.08 \text{ kJ}$$

$$n = n(\text{HCl}) + n(\text{NaOH}) = 2 \cdot c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = 2 \cdot 2 \text{ molL}^{-1} \cdot 100 \text{ mL} = 0.4 \text{ mol}$$

$$H_{Lsg} = \frac{Q}{n} = \frac{10.08 \text{ kJ}}{0.4 \text{ mol}} = 25.2 \text{ kJmol}^{-1}$$

# Übung 12

## Salze

# Born-Haber Kreisprozess



- Satz von Hess: Reaktionsenthalpie ist unabhängig vom Reaktionsweg

$$\Delta H_R = \sum \Delta H_F(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_F(\text{Edukte})$$

Erinnerung:  $\Delta H_F = 0$  für Elemente

- Born-Haber-Kreisprozess direkte Folge aus dem Satz von Hess
- Bestimmung von z.B. Gitterenergie möglich
- Reaktion wird in hypothetische Teilschritte aufgeteilt → alternativer & energiegelicher Reaktionsweg
- Gitterenergie ist die Anziehungskraft der Ionen im Kristall → Coulomb-Kraft, da geladene Teilchen

### 1. Berechnen Sie die Gitterenergie von CsCl aus folgenden Angaben:

- **Bildungsenthalpie von CsCl: -443 kJ/mol**
- **Sublimationsenthalpie von Cs: +78 kJ/mol**
- **Ionisierungsenergie von Cs: 375 kJ/mol**
- **Dissoziationsenergie von Cl<sub>2</sub>: 243 kJ/mol**
- **Elektronenaffinität von Cl: -349 kJ/mol**

### Lösung

Für CsCl beinhaltet der Born-Haber-Kreisprozess folgende Schritte:

1. Sublimation von festem Cs zu gasförmigem Cs.
2. Ionisierung von gasförmigem Cs zu Cs<sup>+</sup>.
3. Dissoziation von Cl<sub>2</sub> zu Cl-Gas.
4. Zugabe eines Elektrons zu einem Cl-Atom, um ein Cl<sup>-</sup>-Ion zu bilden.
5. Bildung von festem CsCl aus Cs<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup>.

Die Gitterenergie ist dann die Differenz zwischen der Summe dieser Energien und der Bildungsenthalpie von CsCl. Die entsprechenden Energieänderungen sind:

- Dissoziationsenergie von Cl<sub>2</sub>: +243 kJ/mol (für ein Mol Cl<sub>2</sub>, um zwei Mol Cl-Atome zu erzeugen, daher wird dieser Wert halbiert)

$$\Delta H_{\text{Bildung}} = \Delta H_{\text{Sublimation}} + \Delta H_{\text{Ionisierung}} + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{Dissoziation}} + \Delta H_{\text{EA}} + \Delta H_{\text{Gitter}}$$

Die Gitterenergie ( $\Delta H_{\text{Gitter}}$ ) berechnet sich also wie folgt:

$$\Delta H_{\text{Gitter}} = \Delta H_{\text{Bildung}} - \Delta H_{\text{Sublimation}} - \Delta H_{\text{Ionisierung}} - \frac{1}{2} \Delta H_{\text{Dissoziation}} - \Delta H_{\text{EA}} =$$

$$\Delta H_{\text{Gitter}} = -443 - 78 - 375 - 121,5 - (-349) = -668,5 \text{ kJ / mol}$$

Die Gitterenergie von Cäsiumchlorid (CsCl) beträgt -668,5 kJ/mol. Dieser Wert zeigt die Energie an, die freigesetzt wird, wenn ein Mol CsCl-Kristalle aus gasförmigen Cs<sup>+</sup>- und Cl<sup>-</sup>-Ionen gebildet wird.

$$\Delta H_F(\text{CsCl}) = \Delta H_{\text{subl}}(\text{Cs}) + \frac{1}{2} \Delta E_D(\text{Cl}_2) + IE(\text{Cs}) + EA(\text{Cl}) + \Delta H_{\text{Gitter}}(\text{CsCl})$$

$$\Delta H_{\text{Gitter}}(\text{CsCl}) = \Delta H_F(\text{CsCl}) - \Delta H_{\text{subl}}(\text{Cs}) - \frac{1}{2} \Delta E_D(\text{Cl}_2) - IE(\text{Cs}) - EA(\text{Cl})$$

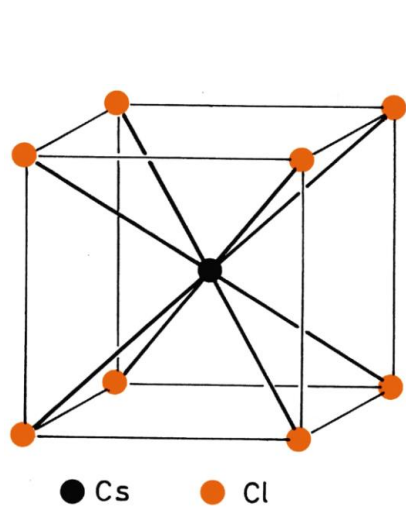
$$= -443 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 78 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \frac{1}{2} \cdot 243 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 375 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \left( 349 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$$

$$= -668,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

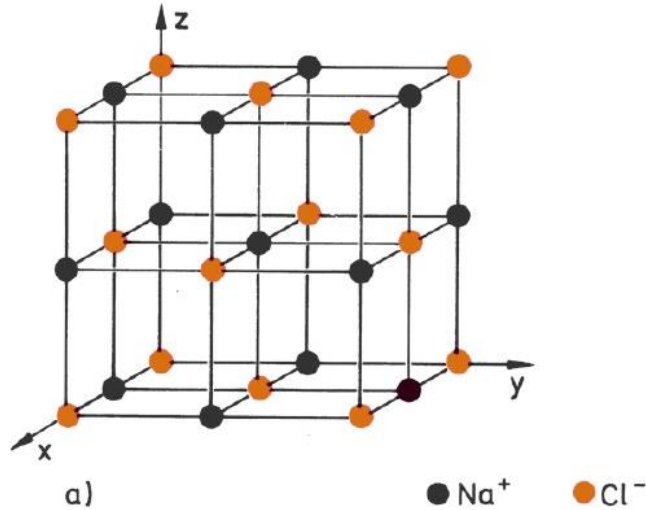


2. Zeichnen Sie die Elementarzellen von a) CsCl, b) NaCl und c) ZnS. Wie groß sind die Koordinationszahlen?

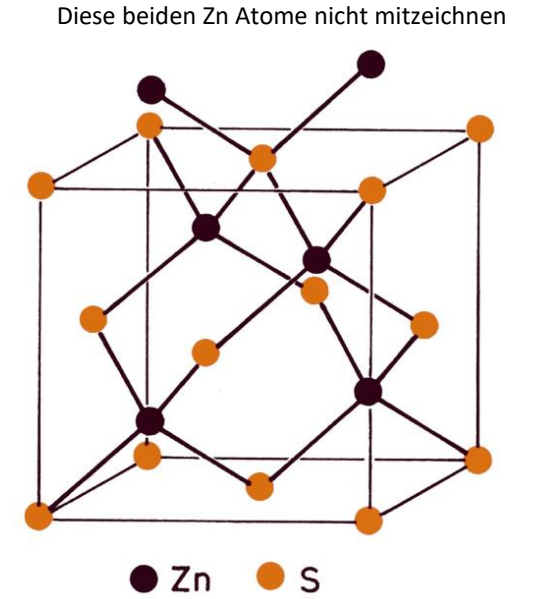
Lösung:



KZ = 8



KZ = 6



KZ = 4

### 3. Berechnen Sie die Gitterenergie von CaO aus folgenden Angaben:

- **Bildungsenthalpie von CaO: -636 kJ/mol**
- **Sublimationsenthalpie von Ca: +192 kJ/mol**
- **1. Ionisierungsenergie von Ca: 590 kJ/mol**
- **2. Ionisierungsenergie von Ca: 1145 kJ/mol**
- **Dissoziationsenergie von O<sub>2</sub>: 494 kJ/mol**
- **1. Elektronenaffinität von O: -141 kJ/mol**
- **2. Elektronenaffinität von O: +845 kJ/mol**

$$\begin{aligned}\Delta H_F(\text{CaO}) &= \Delta H_{\text{subl}}(\text{Ca}) + \frac{1}{2}\Delta E_D(\text{O}_2) + IE_1(\text{Ca}) + IE_2(\text{Ca}) + EA_1(\text{O}) + EA_2(\text{O}) + \Delta H_{\text{Gitter}}(\text{CaO}) \\ \Delta H_{\text{Gitter}}(\text{CaO}) &= \Delta H_F(\text{CaO}) - \Delta H_{\text{subl}}(\text{Ca}) - \frac{1}{2}\Delta E_D(\text{O}_2) - IE_1(\text{Ca}) - IE_2(\text{Ca}) - EA_1(\text{O}) - EA_2(\text{O}) \\ &= -636 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 192 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \frac{1}{2} \cdot 494 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 590 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 1145 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \left(-141 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right) - 845 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \\ &= -3514 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

**Lösung:** Um die Gitterenergie von Calciumoxid (CaO) zu berechnen, verwenden wir den Born-Haber-Kreisprozess, der ähnlich wie bei CsCl strukturiert ist.

- Sublimation von festem Calcium zu gasförmigem Ca.
- Erste Ionisierung von gasförmigem Ca zu Ca<sup>+</sup>.
- Zweite Ionisierung von Ca<sup>+</sup> zu Ca<sup>2+</sup>.
- Dissoziation von O<sub>2</sub> zu 2 O-Atomen.
- Zugabe eines Elektrons zu einem O-Atom, um ein O<sup>-</sup>-Ion zu bilden.
- Zugabe eines zweiten Elektrons zu einem O-Atom, um ein O<sup>2-</sup>-Ion zu bilden.
- Bildung von festem CaO aus Ca<sup>2+</sup> und O<sup>2-</sup>.

Die Gitterenergie ist dann die Differenz zwischen der Summe dieser Energien und der Bildungsenthalpie von CaO.

- Dissoziationsenergie von O<sub>2</sub>: +494 kJ/mol (für ein Mol O<sub>2</sub>, um zwei Mol O-Atome zu erzeugen, daher wird dieser Wert halbiert) = 247 kJ

$$\Delta H_{\text{Gitter}} = \Delta H_{\text{Bildung}} - \Delta H_{\text{Sublimation}} - \Delta H_{\text{Ionisierung1}} - \Delta H_{\text{Ionisierung2}} - \frac{1}{2} \Delta H_{\text{Dissoziation}} - \Delta H_{\text{EA1}} - \Delta H_{\text{EA2}} =$$

$$\Delta H_{\text{Gitter}} = -636 - 192 - 590 - 1145 - 247 + 141 - 845 = \underline{\underline{-3514 \text{ kJ/mol}}}$$

**4. Für welche der folgenden Verbindungen in den folgenden Paaren ist die höhere Gitterenergie zu erwarten? Die beiden Verbindungen haben jeweils den gleichen Gittertyp.**

**a) CaS oder RbF**

**b) RbF oder RbI c) CsI oder CaO**

**d) NaI oder SrSe**

**e) MgI<sub>2</sub> oder Na<sub>2</sub>O**

**Lösung:**

Coulomb Energie hängt v.a. von der Ladung und Größe ab.

- CaS, da höhere Ladungen (S<sup>2-</sup> vs. F<sup>-</sup>) & geringerer Radius ( $r(\text{Ca}^{2+}) < r(\text{Rb}^+)$ )
- RbF, da  $r(\text{F}^-) < r(\text{I}^-)$
- CaO, da höhere Ladung (Ca<sup>2+</sup> vs Cs<sup>+</sup>) & geringere Radien
- SrSe, da höhere Ladung
- Na<sub>2</sub>O, da kleinerer Radius

- Coulomb-Kraft:  $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$
- Gitterenergie steigt, je:
  - höher die Ladung der Ionen ist
  - kleiner der Radius der Ionen ist

## 5. Nennen Sie 4 Eigenschaften von Salzen.

### Lösung:

u.a.

- a) Bestehen hauptsächlich aus Ionischen Bindungen
- b) Meist hoher Schmelz und Siedepunkt
- c) Schmelze leitet den elektrischen Strom
- d) Oft Wasserlöslich
- e) Oft farblos
- f) Meist hart und spröde
- g) Salze bilden kristalline Feststoffe
- h) Schmecken meist salzig

# Übung 13

## Stoffchemie Nichtmetalle

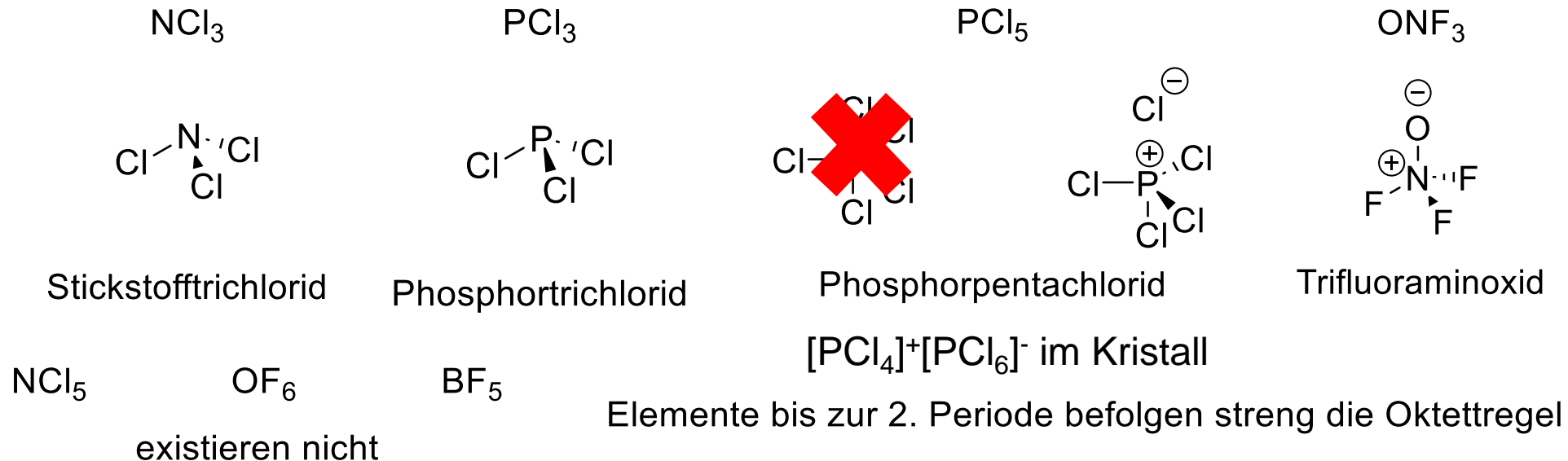
# 1. Welche der folgenden Verbindungen kann nicht gebildet werden und warum?

- a)  $\text{NCl}_3$
- b)  $\text{NCl}_5$
- c)  $\text{PCl}_3$
- d)  $\text{PCl}_5$
- e)  $\text{ONF}_3$
- f)  $\text{OF}_6$
- g)  $\text{BF}_5$

## Lösungen:

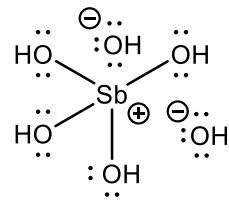
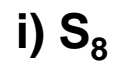
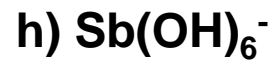
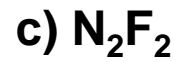
$\text{NCl}_5$ ,  $\text{OF}_6$  und  $\text{BF}_5$

Grund: Die Oktettregel darf bei der zweiten Periode nicht verletzt werden.

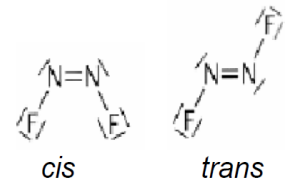


## 2. Zeichnen Sie die Konstitutionsformeln der Moleküle

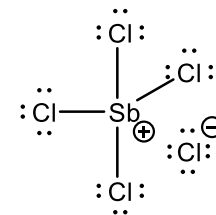
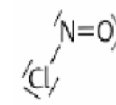
(bzw. Ionen) für:



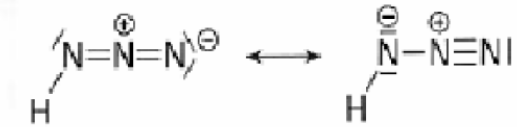
c) zwei Isomere möglich;



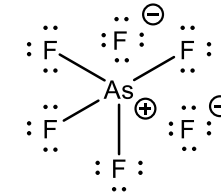
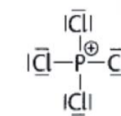
d)



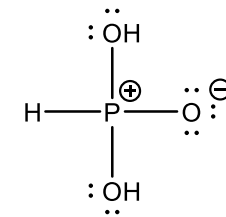
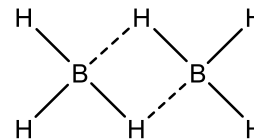
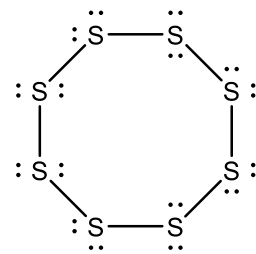
b)



e)



Lösung:



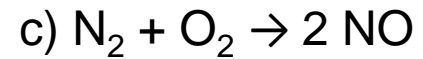
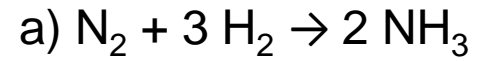
**3. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Reaktionen von Stickstoff mit:**

**a) H<sub>2</sub>**

**b) Mg**

**c) O<sub>2</sub> (bei Funkenentladung)**

**Lösung:**





**4. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Reaktionen von Sauerstoff mit:**

**a) NH<sub>3</sub>**

**b) NO**

**c) Phosphor**

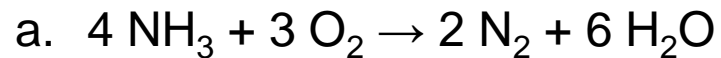
**d) PH<sub>3</sub>**

**e) Arsen**

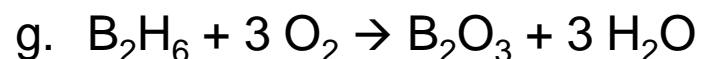
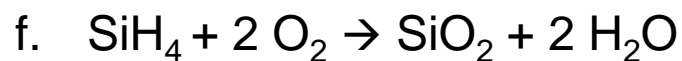
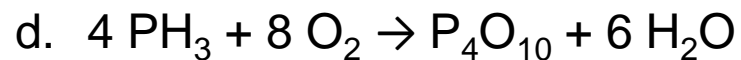
**f) SiH<sub>4</sub>**

**g) B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>**

**Lösung:**

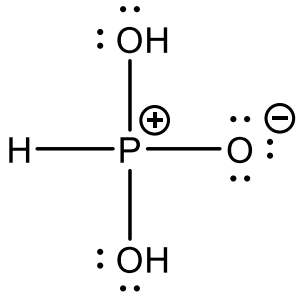


bzw. bei Sauerstoffüberschuss  $2 \text{NH}_3 + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO} + 3 \text{H}_2\text{O}$



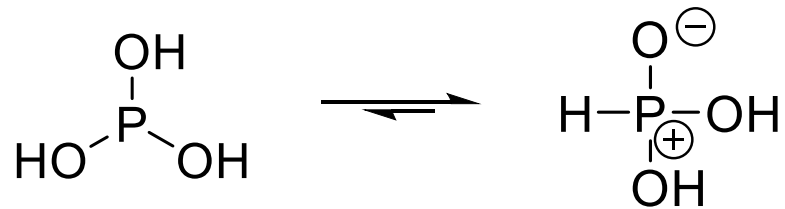
5. Zeichnen Sie die Konstitutionsformel der Phosphonsäure  $\text{H}_3\text{PO}_3$  und begründen Sie warum es sich dabei um eine zweiwertige Säure handelt.

Lösung:

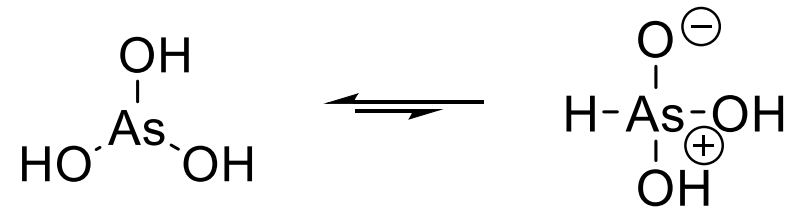


Nur die Wasserstoffatome der OH-Gruppen wirken acide.

**Konstitutionsisomere**



nicht isoliert

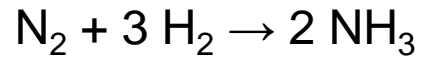


Inert-pair Effekt

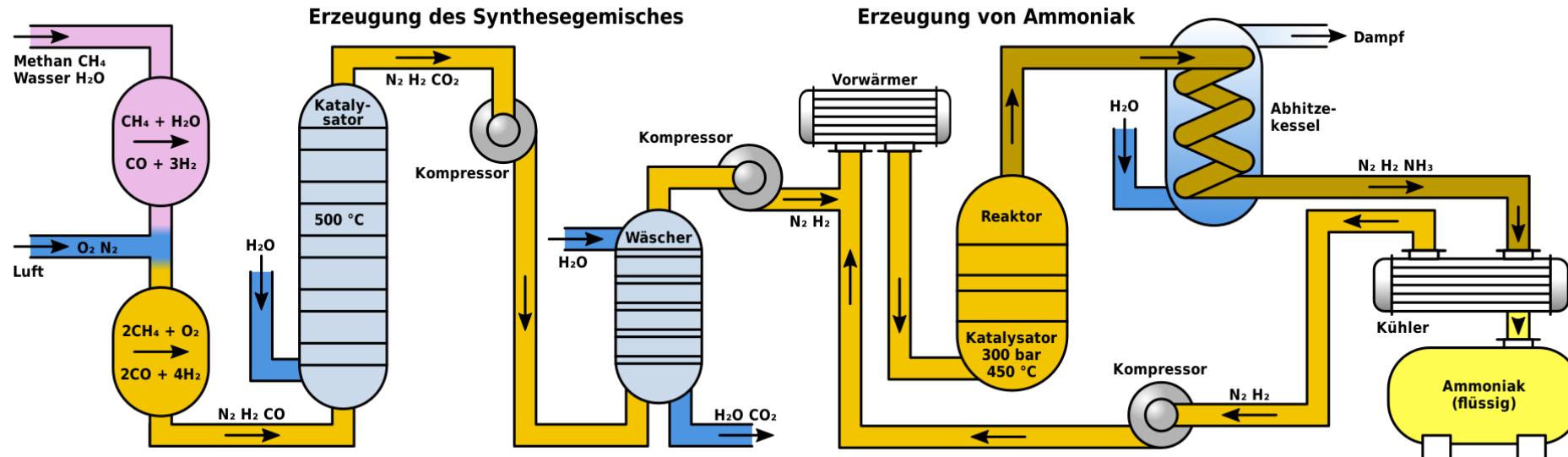
6. Nennen Sie das großtechnische Verfahren für die Herstellung von Ammoniak und geben Sie die Reaktionsgleichung an. Begründen Sie, welchen Einfluss Druck und Temperatur auf diese Reaktion haben.

**Lösung:**

Haber-Bosch-Verfahren

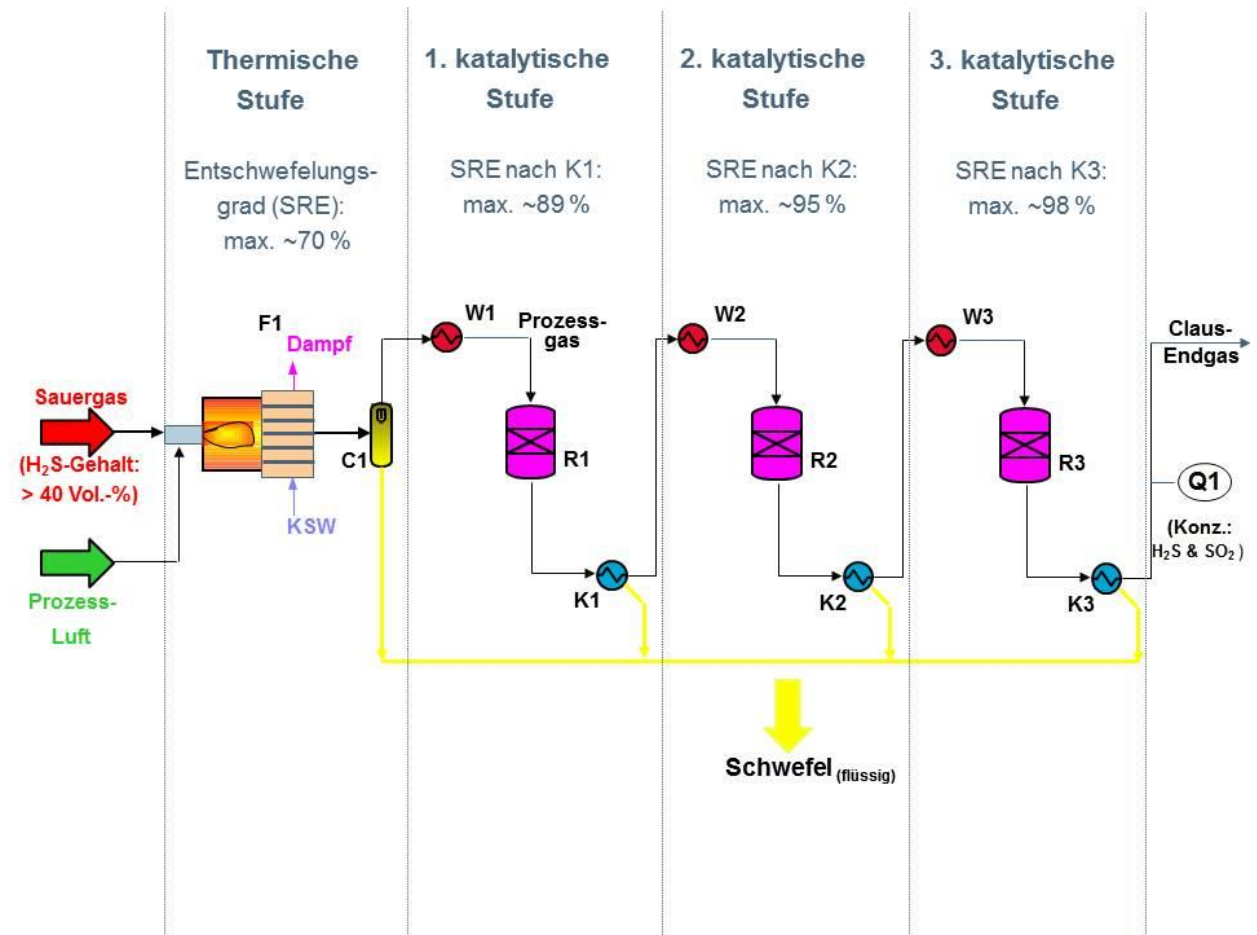
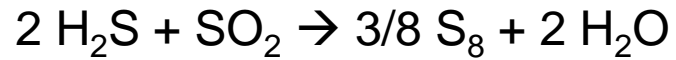
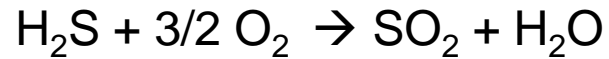


- *Druckerhöhung:* Verschiebung des Gleichgewichts zugunsten von  $\text{NH}_3$ , Grund: weniger Teilchen (Prinzip von Le-Chatelier)
- *Temperaturerhöhung:* Verschiebung des Gleichgewichts zu den Ausgangsstoffen, Grund: exotherme Reaktion



## 7. Schreiben Sie die 2 Reaktionsgleichungen des Claus-Prozesses zur Herstellung von elementarem Schwefel aus Schwefelwasserstoff.

Lösung:



**8. Schreiben Sie die 3 Reaktionsgleichungen der Reaktionen konzentrierter Schwefelsäure mit**

**a) NaCl**

**b) NaI**

**c) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

**Lösung:**

