



## 1: Atombau und Periodensystem der Elemente

### Lösungen der Übungen

#### Übung 8.1



Ein Atomkern enthält 13 p<sup>+</sup>. Wie viele Elektronen enthält das neutrale Atom?  
Ein Fluor Atom wiegt 19 u. Berechne die Masse des Fluoratoms in Gramm.

$$13p^+ \rightarrow 13e^-$$

$$\text{Fluor-Atom: } 19u \cdot 1,66054 \cdot 10^{-24} = \underline{\underline{3,155 \cdot 10^{-23} \text{ g}}}$$

#### Übung 9.1



Ergänze die Tabelle:

	p <sup>+</sup>	e <sup>-</sup>	n
$\begin{smallmatrix} 1 \\ 1 \end{smallmatrix} \text{H}$	1	1	0
$\begin{smallmatrix} 32 \\ 16 \end{smallmatrix} \text{S}$	16	16	16
$\begin{smallmatrix} 197 \\ 79 \end{smallmatrix} \text{Au}$	79	79	118
$\begin{smallmatrix} 238 \\ 92 \end{smallmatrix} \text{U}$	92	92	146

#### Übung 9.2



Berechne die Atommasse von Magnesium:

<sup>24</sup>Mg 79% <sup>25</sup>Mg 10% <sup>26</sup>Mg 11%

$$M(\text{Mg}) = \frac{79 \cdot 24 + 10 \cdot 25 + 11 \cdot 26}{100} = \underline{\underline{24,32 \text{ u}}}$$

#### Übung 11.1



Bestimme die Molmassen folgender Substanzen:

$M(\text{S}_8) =$      $M(\text{CH}_4) =$      $M(\text{H}_2\text{SO}_4) =$      $M(\text{HNO}_3) =$

$$M(\text{S}_8) = 8 \cdot 32,1 = \underline{\underline{256,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

$$M(\text{CH}_4) = 1 \cdot 12,0 + 4 \cdot 1,0 = \underline{\underline{16,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 1,0 + 1 \cdot 32,1 + 4 \cdot 16,0 = \underline{\underline{98,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

$$M(\text{HNO}_3) = 1 \cdot 1,0 + 1 \cdot 14,0 + 3 \cdot 16,0 = \underline{\underline{63,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$



## Übung 11.2



Berechne die Masse von 1,7 mol Essigsäure ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,7 \text{ mol} \quad M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\rightarrow m = n \cdot M = 1,7 \text{ mol} \cdot 60 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{102 \text{ g}}}$$

## Übung 11.3



Wieviel Mol Kohlenstoffdioxid sind in einer  $\text{CO}_2$ -Patrone mit 10 g Inhalt enthalten?

$$m(\text{CO}_2) = 10 \text{ g} \quad M(\text{CO}_2) = 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{10 \text{ g}}{44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \underline{\underline{0,23 \text{ mol}}}$$

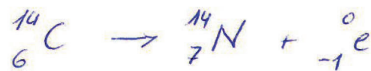
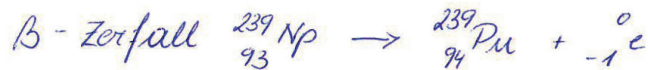
## Übung 12.1



Stelle die Zerfallsgleichung für den  $\alpha$ -Zerfall von  $^{238}\text{U}$  auf.

Stelle die Zerfallsgleichung für den  $\beta$ -Zerfall von  $^{239}\text{Np}$  auf.

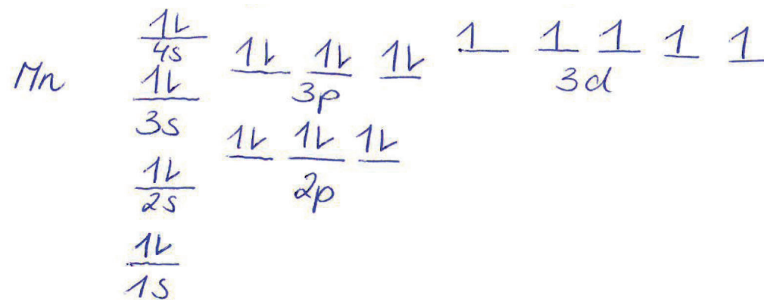
$^{14}\text{C}$  zerfällt zu  $^{14}\text{N}$ . Stelle die Zerfallsgleichung auf.



## Übung 21.1



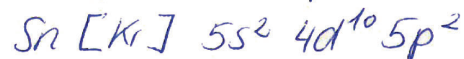
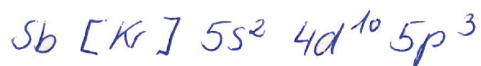
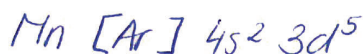
Füll das folgende Orbitalbesetzungsschema für das Element Mangan aus und nimm die Abbildungen auf Seite 20 als Hilfe.



## Übung 21.2



Bestimme die verkürzte Elektronenkonfiguration von: Mn - Ba - Sb - Tl - Sn - S



## Übung 25.1



Sammele alle aus dem PSE ablesbaren Informationen für die Elemente Fluor, Aluminium, Antimon und Cäsium.

St.1.	Fluor	Aluminium	Antimon	Cäsium
Element-symbole	F	Al	Sb	Cs
Z	9 (9p <sup>+</sup> )	13 (13p <sup>+</sup> )	51 (51p <sup>+</sup> )	55 (55p <sup>+</sup> )
M	19 $\frac{g}{mol}$	27 $\frac{g}{mol}$	121,7 $\frac{g}{mol}$	132,9 $\frac{g}{mol}$
EN	4,1	1,5	1,8	0,9
	Nichtmetall	Metall	Metall	Metall
Aggregat-zustand	gasförmig	fest	fest	fest
Valenz-e-	7	3	5	1
e <sup>-</sup> -Konfigur.	[He] 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	[Ne] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	[Kr] 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup> 5p <sup>3</sup>	[Xe] 6s <sup>1</sup>
Ionisierungs-energie	} hoch	} eher gering		} gering
Elektronen-affinität				
Tendenz zur e <sup>-</sup> -Aufnahme oder Abgabe	e <sup>-</sup> -Aufnahme ( $\rightarrow F^{-}$ )	e <sup>-</sup> -Abgabe ( $\rightarrow Al^{3+}$ )	e <sup>-</sup> -Abgabe ( <del>Sb<sup>3+</sup></del> / Sb <sup>5+</sup> )	e <sup>-</sup> -Abgabe ( $\rightarrow Cs^{+}$ )

## Übung 27.1



Gib die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Natrium mit Wasser an.





## 2: Die chemische Bindung

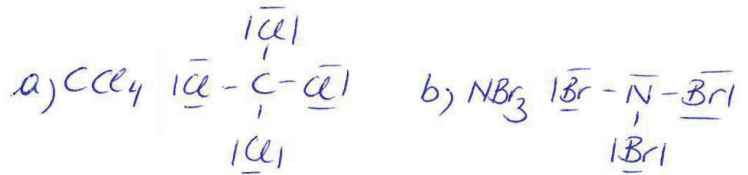
### Lösungen der Übungen

#### Übung 35.1



Bestimme Summen- und Strukturformel der einfachsten Moleküle (dh. 1 C-Atom bzw. ein N-Atom) von

- a) C-Cl-Verbindung  
b) N-Br-Verbindung

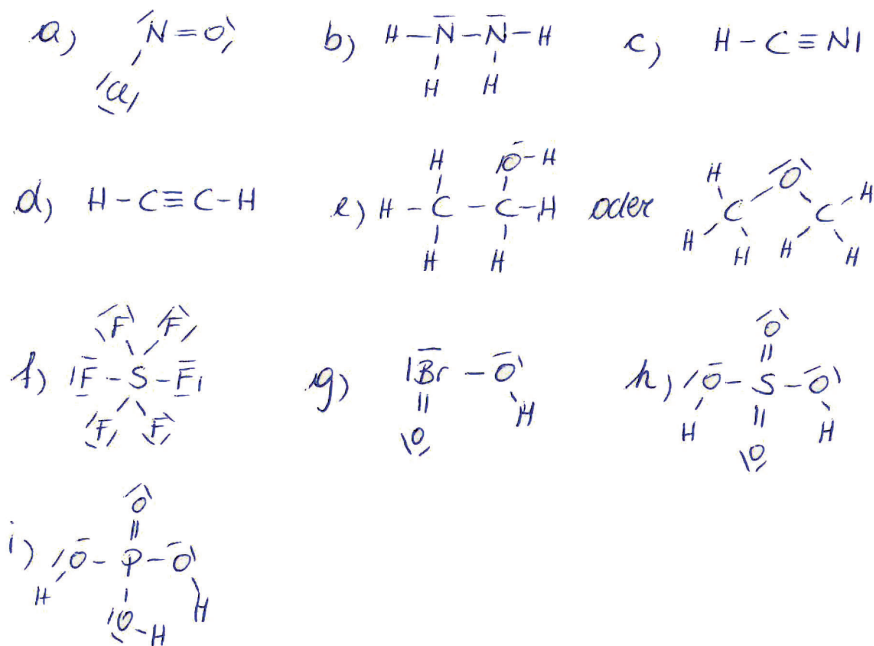


#### Übung 35.2



Bestimme die Strukturformeln von:

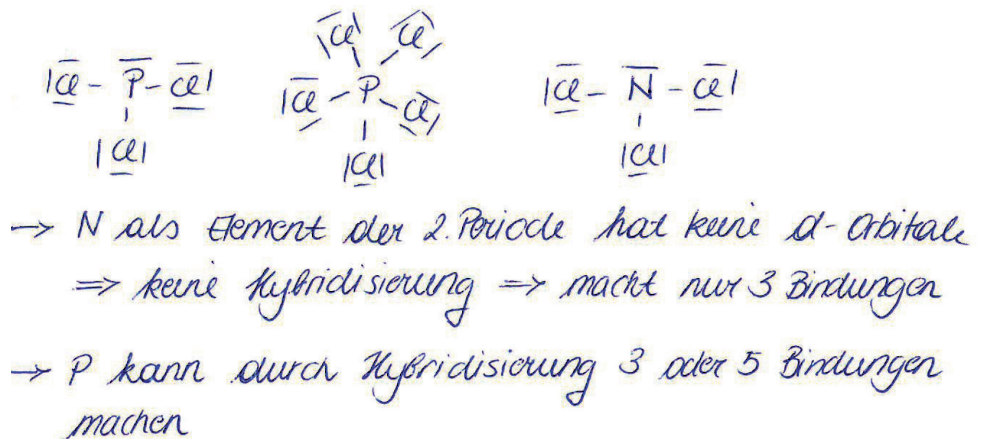
- a) NOCl b)  $N_2H_4$  c) HCN d)  $C_2H_2$   
e)  $C_2H_6O$  (2 Möglichkeiten)  
f)  $SF_6$  g)  $HBrO_2$  h)  $H_2SO_4$   
i)  $H_3PO_4$



#### Übung 35.3



Es existieren 2 Verbindungen zwischen Phosphor und Chlor ( $PCl_3$  und  $PCl_5$ ) aber nur eine zwischen Stickstoff und Chlor ( $NCl_3$ ). Zeichne die Strukturformeln und begründe dieses unterschiedliche Vorkommen.



Übung 35.4



Im Unterschied zu den Chlorverbindungen des Phosphors gibt es nur eine Wasserstoffverbindung mit Phosphor (PH<sub>3</sub>). Begründe dies!

H hat die geringste EN aller Nichtmetalle => kann daher andere Bindungspartner nicht zum Teilen von mehr e<sup>-</sup> als im nicht hybridisierten Zustand zwingen.

Übung 35.5



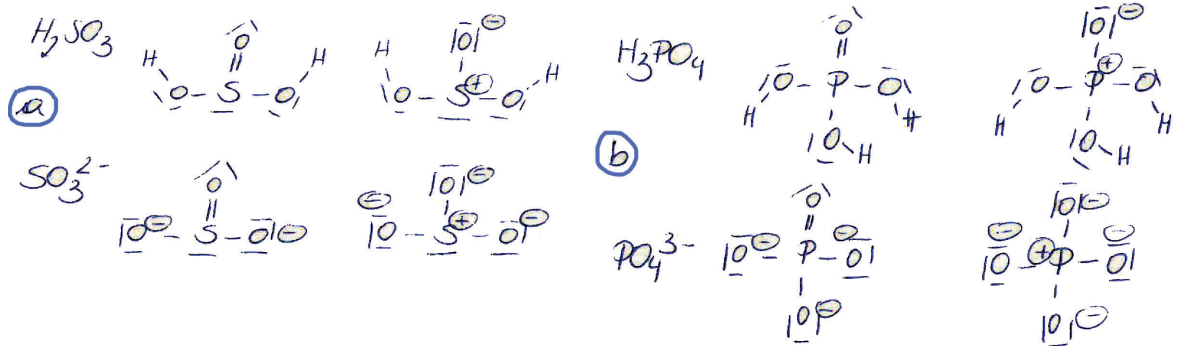
Erläutere, warum es kein SO<sub>4</sub>-Molekül geben kann!

SO<sub>4</sub>: O macht 2 Bindungen -> 2 · 4 = 8  
=> S macht 2, 4 oder 6 Bindungen

Übung 37.1



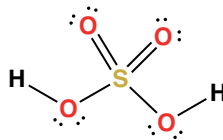
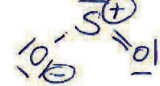
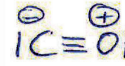
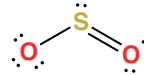
Zeichne die Strukturformeln nach dem Modell der koordinativen Bindung und nach dem Hybridisierungsmodell. a) H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> und SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> b) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> und PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>



Übung 37.2



Ergänze folgende Strukturformeln durch Angabe der Formalladungen.

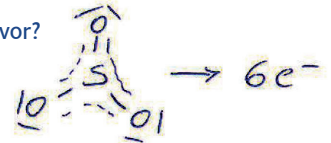


H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> -> keine Formalladungen

Übung 37.3



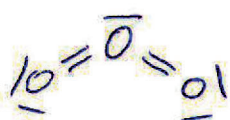
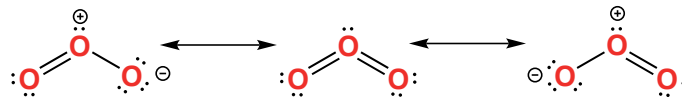
Wieviele Elektronen liegen laut Mesomeriemodell beim SO<sub>3</sub> delokalisiert vor?



Übung 37.4



Für das Molekül Ozon sind 3 Grenzstrukturen angegeben. Welche Formel ist falsch? Begründe deine Antwort!



O: 2. Periode -> keine d-Orbitale -> keine Oktettregelüberschreitung

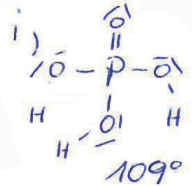
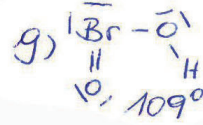
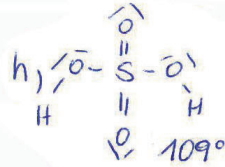
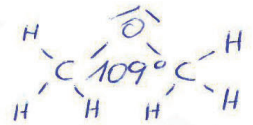
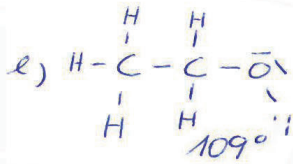
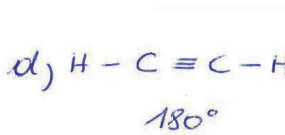
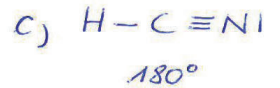
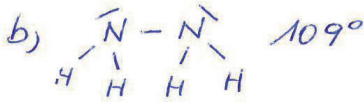
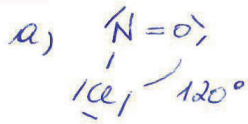


Übung 40.1



Gib alle Bindungswinkel in folgenden Molekülen an:

- a) NOCl
- b) N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
- c) HCN
- d) C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>
- e) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (2 Möglichkeiten)
- f) SF<sub>6</sub>
- g) HBrO<sub>2</sub>
- h) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- i) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>



Übung 41.1



Welche der folgenden Moleküle sind Dipol-Moleküle?

SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, HCN, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CF<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>

SO<sub>2</sub>, HCN, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, HNO<sub>2</sub>

Übung 43.1



Ordne die folgenden Siedepunkte den Wasserstoffverbindungen der 15. Gruppe (NH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>) zu: -33 °C, -62,5 °C, -87,7 °C

NH<sub>3</sub> : -33°C    PH<sub>3</sub> : -87,7°C    AsH<sub>3</sub> : -62,5°C

Übung 43.2



Bei welcher der folgenden Reaktionen werden Wasserstoffbrücken gelöst?



Übung 49.1



Bilde alle möglichen binären (Binär = aus 2 Ionensorten aufgebaut) Ionenverbindungen (Formel und Name) aus folgenden Atomen:

Ba, Cl, P, K, S, Sn, Bi

Metalle: Ba<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Sn<sup>2+</sup>, Sn<sup>4+</sup>, Bi<sup>3+</sup>, Bi<sup>5+</sup>

Nichtmetalle: Cl<sup>-</sup>, P<sup>3-</sup>, S<sup>2-</sup>

BaCl<sub>2</sub> Bariumchlorid

KCl Kaliumchlorid

Ba<sub>3</sub>P<sub>2</sub> Bariumphosphid

K<sub>3</sub>P Kaliumphosphid

BaS Bariumsulfid

K<sub>2</sub>S Kaliumsulfid

SnCl<sub>2</sub> Zinn(II)chlorid

BiCl<sub>3</sub> Bismut(III)chlorid

SnCl<sub>4</sub> Zinn(IV)chlorid

BiCl<sub>5</sub> Bismut(V)chlorid

Sn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> Zinn(II)phosphid

BiP Bismut(III)phosphid

Sn<sub>3</sub>P<sub>4</sub> Zinn(IV)phosphid

Bi<sub>3</sub>P<sub>5</sub> Bismut(V)phosphid

SnS Zinn(II)sulfid

Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> Bismut(III)sulfid

SnS<sub>2</sub> Zinn(IV)sulfid

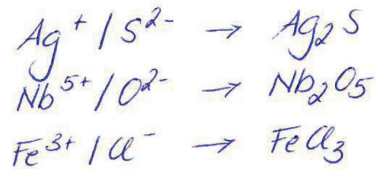
Pi<sub>2</sub>S<sub>5</sub> Bismut(V)sulfid



Übung 49.2



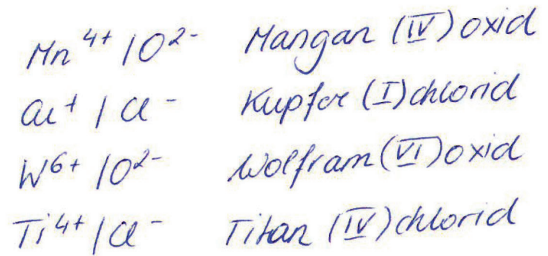
Bestimme die Formeln von Silber(I)-sulfid, Niob(V)-oxid, Eisen(III)-chlorid



Übung 49.3



Benenne folgende Ionenverbindungen:  $MnO_2$ ,  $CuCl$ ,  $WO_3$ ,  $TiCl_4$



Übung 50.1



Bestimme die Formel von:

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| a) Magnesiumnitrat         | b) Blei(II)-nitrat        |
| c) Eisen(III)-phosphat     | d) Eisen(II)-phosphat     |
| e) Nickel(II)-bromid       | f) Kupfer(II)-sulfat      |
| g) Calciumcarbonat         | h) Bariumhydroxid         |
| i) Natriumhydrogencarbonat | j) Kaliumhydrogenphosphat |
| k) Kupfer(II)-sulfid       | l) Kaliumdichromat        |
| m) Eisen(III)-cyanid       | n) Kupfer(I)-sulfid       |

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| a) $Mg(NO_3)_2$   | h) $Ba(OH)_2$   |
| b) $Pb(NO_3)_2$   | i) $NaHCO_3$    |
| c) $FePO_4$       | j) $K_2HPO_4$   |
| d) $Fe_3(PO_4)_2$ | k) $As_2S_3$    |
| e) $NiBr_2$       | l) $K_2Cr_2O_7$ |
| f) $CuSO_4$       | m) $Fe(CN)_3$   |
| g) $CaCO_3$       | n) $Cu_2SO_3$   |

Übung 50.2



Bestimme die Namen von:

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| a) $Ti(SO_4)_2$    | b) $Au(NO_3)_3$    |
| c) $Al(OH)_3$      | d) $Co(H_2PO_4)_2$ |
| e) $KMnO_4$        | f) $Ca(HCO_3)_2$   |
| g) $Al_2(HPO_4)_3$ |                    |

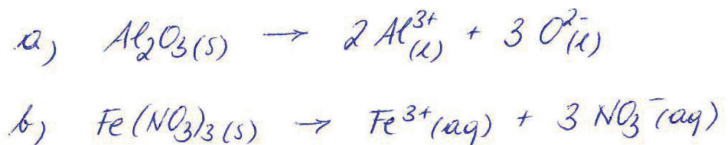
- a)  $Ti^{4+} / SO_4^{2-}$  Titan (IV)sulfat  
 b)  $Au^{3+} / NO_3^-$  Gold (III) nitrat  
 c)  $Al^{3+} / OH^-$  Aluminiumhydroxid  
 d)  $Co^{2+} / H_2PO_4^-$  Kobalt (II) dihydrogenphosphat  
 e)  $K^+ / MnO_4^-$  Kaliumpermanganat  
 f)  $Ca^{2+} / HCO_3^{2-}$  Calciumhydrogencarbonat  
 g)  $Al^{3+} / HPO_4^-$  Aluminiumhydrogenphosphat

Übung 55.1



Stelle in Form einer Reaktionsgleichung mit den passenden Indices dar:

- a) Schmelzen von Aluminiumoxid  
 b) Lösen von Eisen(III)-nitrat

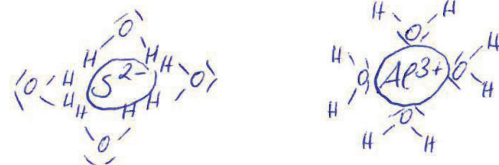


Übung 55.2



Zeichne eine Hydrathülle mit vier Wassermolekülen

- a) um ein Sulfidion.      b) um ein Aluminiumion.



## Übung 55.3



Beim Erhitzen von 10 g kristallwasserhaltigen Magnesiumsulfat vermindert sich die Masse um 5,1 g. Berechne den Wasseranteil und formuliere die Formel für kristallwasserhaltiges Magnesiumsulfat.

$$\text{MgSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O} \quad m(\text{wasserfrei}) = 10 - 5,1 = 4,9 \text{ g}$$

$$M(\text{MgSO}_4) = 120,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{4,9 \text{ g}}{120,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,04 \text{ mol}$$

$$\frac{m(\text{wasserhaltig})}{n} = M(\text{MgSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}) = \frac{10 \text{ g}}{0,04 \text{ mol}} = 250 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M(\text{MgSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}) - M(\text{MgSO}_4) = 250 - 120,4 = 129,6$$

$$\frac{129,6}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 7,2 \sim 7 \rightarrow \underline{\underline{\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}}}$$





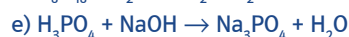
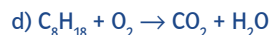
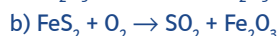
### 3: Die chemische Reaktion

#### Lösungen der Übungen

##### Übung 68.1



Stelle folgende RGL richtig:



##### Übung 68.2



Erstelle die RGL für folgende Reaktionen:

a) Bildung von Ammoniak aus den Elementen

b) Zersetzung von Methan in die Elemente

c) Reaktion von Wolfram(VI)-oxid mit Wasserstoff zu Wolfram und Wasserdampf

d) Reaktion von Salpetersäure mit Aluminiumhydroxid zu Aluminiumnitrat und Wasser

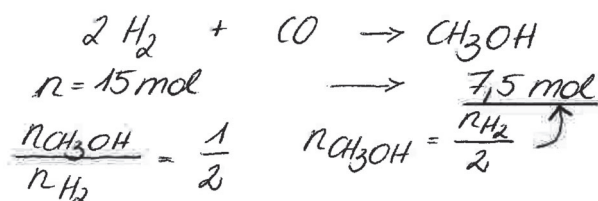
e) Calciumcarbonat und Salzsäure zu Calciumchlorid, Kohlenstoffdioxid und Wasser



##### Übung 71.1



Wie viel Mol Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) kann man aus 15 mol Wasserstoff erzeugen?



## Übung 71.2



Wie viel Mol Sauerstoff benötigt man für die Verbrennung von 10 mol Butan?

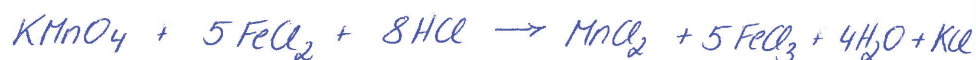


$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 10 \text{ mol} \quad \frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{C}_4\text{H}_{10}}} = \frac{6,5}{1} \quad n_{\text{O}_2} = 6,5 \cdot n_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = \underline{65 \text{ mol}}$$

## Übung 71.3



Wie viel mol HCl benötigt man zum Umsatz von 8,5 mol Eisen(II)-chlorid?



$$n(\text{FeCl}_3) = 8,5 \text{ mol} \quad \frac{n(\text{HCl})}{n(\text{FeCl}_3)} = \frac{8}{5} \quad n(\text{HCl}) = \frac{8}{5} \cdot n(\text{FeCl}_3) = \underline{13,6 \text{ mol}}$$

## Übung 71.4



Wie viel kg SO<sub>2</sub> entstehen bei der Verbrennung von 10 t Kohle mit einem Schwefelgehalt von 3 %?

$$3\% \text{ von } 1 \text{ t} \hat{=} 300 \text{ kg S}$$



$$n_{\text{S}} = \frac{m_{\text{S}}}{M_{\text{S}}} = \frac{3 \cdot 10^5 \text{ g}}{32,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 9345,8 \text{ mol} = n_{\text{SO}_2}$$

$$m_{\text{SO}_2} = n_{\text{SO}_2} \cdot M_{\text{SO}_2} = 9345,8 \text{ mol} \cdot 64,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 599065 \text{ g} \approx \underline{600 \text{ kg}}$$

## Übung 71.5



Wie viel kg reines Aluminiumoxid benötigt man zur Herstellung von 1 t Aluminium?



$$n_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} = \frac{10^6 \text{ g}}{27 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 37037 \text{ mol}$$

$$\frac{n_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{n_{\text{Al}}} = \frac{1}{2} \rightarrow n_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{n_{\text{Al}}}{2} = \frac{37037 \text{ mol}}{2} = 18518,5 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = n_{\text{Al}_2\text{O}_3} \cdot M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 18518,5 \text{ mol} \cdot 102 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,89 \cdot 10^6 \text{ g} \approx \underline{1,89 \text{ t}}$$



## Übung 71.6



Wie viel g Aluminium benötigt man zur Herstellung von 10 g Wasserstoff durch Reaktion mit überschüssiger Salzsäure?



$$n_{\text{H}_2} = \frac{m_{\text{H}_2}}{M_{\text{H}_2}} = \frac{10 \text{ g}}{2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5 \text{ mol}$$

$$\frac{n_{\text{Al}}}{n_{\text{H}_2}} = \frac{1}{1,5} \rightarrow n_{\text{Al}} = \frac{n_{\text{H}_2}}{1,5} = \frac{5 \text{ mol}}{1,5} = 3,33 \text{ mol}$$

$$m_{\text{Al}} = n_{\text{Al}} \cdot M_{\text{Al}} = 3,33 \text{ mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 89,9 \text{ g} \sim \underline{90 \text{ g}}$$

## Übung 71.7

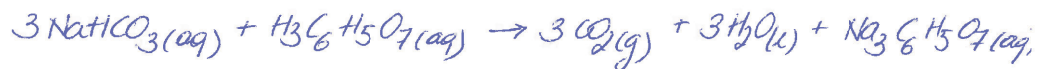


Die Bläschen, die beim Auflösen einer Brausetablette in Wasser entstehen, werden durch die Reaktion von Natriumhydrogencarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) mit Citronensäure ( $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) erzeugt:



In einem Experiment reagieren 2,00 g Natriumhydrogencarbonat und 2,00 g Citronensäure.

- Welcher Ausgangsstoff begrenzt die Reaktion?
- Wie viel Gramm Kohlenstoffdioxid werden gebildet?
- Wie viel Gramm des zweiten Ausgangsstoffes bleiben über, wenn der andere Stoff vollständig reagiert hat?



$$a) \quad n_{(\text{NaHCO}_3)} = \frac{m_{(\text{NaHCO}_3)}}{M_{(\text{NaHCO}_3)}} = \frac{2 \text{ g}}{84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,02 \text{ mol} \quad n_{(\text{HGt})} = \frac{m_{(\text{HGt})}}{M_{(\text{HGt})}} = \frac{2 \text{ g}}{192 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,01 \text{ mol}$$

→ laut Reaktionsgleichung:

$$n_{(\text{NaHCO}_3)} : n_{(\text{HGt})} = 3 : 1$$

⇒ bei 0,01 mol HGt müssten 0,03 mol  $\text{NaHCO}_3$  reagieren

⇒  $\text{NaHCO}_3$  = der begrenzende Stoff

$$b) \quad \frac{n_{(\text{CO}_2)}}{n_{(\text{NaHCO}_3)}} = \frac{3}{3} = \frac{1}{1} \Rightarrow n_{(\text{CO}_2)} = 0,02 \text{ mol}$$

$$m_{(\text{CO}_2)} = n_{(\text{CO}_2)} \cdot M_{(\text{CO}_2)} = 0,02 \text{ mol} \cdot 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{0,88 \text{ g}}$$

$$c) \quad \frac{n_{(\text{HGt})}}{n_{(\text{NaHCO}_3)}} = \frac{1}{3} = \frac{x}{0,02 \text{ mol}} \rightarrow x = \frac{0,02 \text{ mol}}{3} = 0,006 \text{ mol}$$

→ 0,006 mol HGt haben reagiert

→ 0,01 mol - 0,006 mol = 0,003 mol bleiben übrig

$$m_{(\text{HGt})} = n_{(\text{HGt})} \cdot M_{(\text{HGt})} = 0,003 \text{ mol} \cdot 192 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{0,64 \text{ g}}$$



## Übung 73.1



Verdünnte Kalilauge

Wie viel Gramm festes KOH benötigt man zur Herstellung von 2 L Kalilauge mit  $c = 0,01 \text{ mol/L}$ ?

$$n = c \cdot V = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 2 \text{ L} = 0,02 \text{ mol}$$

$$m_{(\text{KOH})} = n \cdot M = 0,02 \text{ mol} \cdot 56,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{1,122 \text{ g}}}$$

## Übung 73.2



Verdünnte Schwefelsäure

Wie viel Gramm Schwefelsäure befinden sich in 1 L einer Lösung mit  $c = 0,02 \text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$ ?

$$n = c \cdot V = 0,02 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ L} = 0,02 \text{ mol}$$

$$m_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} = 0,02 \text{ mol} \cdot 98,079 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{1,96 \text{ g}}}$$

## Übung 73.3



Verdünnte Ammoniaklösung

Wie viele Milliliter Ammoniaklösung (mit  $c = 13 \text{ mol/L}$ ) werden benötigt, um 200 mL Ammoniaklösung der Konzentration  $0,2 \text{ mol/L}$  herzustellen?

$$c_{\text{konz}} \cdot V_{\text{konz}} = c_{\text{verd}} \cdot V_{\text{verd}}$$

$$V_{\text{konz}} = \frac{c_{\text{verd}} \cdot V_{\text{verd}}}{c_{\text{konz}}} = \frac{0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{ L}}{13 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 0,003 \text{ L} = \underline{\underline{3 \text{ mL}}}$$

## Übung 73.4



Verdünnte Salpetersäure

Wie viel 65%ige Salpetersäure (Dichte =  $1400 \text{ g/L}$ ) benötigt man zur Herstellung von 1 Liter Salpetersäure mit  $c = 2 \text{ mol/L}$ ?

$$c_{(\text{HNO}_3)} = \frac{\% \cdot \rho_{(\text{HNO}_3)}}{M_{(\text{HNO}_3)} \cdot 100} = \frac{65 \% \cdot 1400}{63,01 \cdot 100} = 14,442 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$V_{\text{konz}} = \frac{c_{\text{ver}} \cdot V_{\text{ver}}}{c_{\text{konz}}} = \frac{2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{ L}}{14,442 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 0,1385 \text{ L} = \underline{\underline{138,5 \text{ mL}}}$$

## Übung 74.1

10 mL Salpetersäure werden mit Kalilauge ( $c = 0,2 \text{ mol/L}$ ) titriert. Der Verbrauch an KOH beträgt 13,4 mL. Berechne die Konzentration der Salpetersäure.

$$c_{\text{Probe}} \cdot V_{\text{Probe}} = c_{\text{Titer}} \cdot V_{\text{Titer}}$$

$$c_{\text{Probe}} = \frac{c_{\text{Titer}} \cdot V_{\text{Titer}}}{V_{\text{Probe}}} = \frac{0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 13,4 \cdot 10^{-3} \text{ L}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ L}} = \underline{\underline{0,268 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}}$$

## Übung 76.1



Gasdichte

Reihe die folgenden Gase nach ihrer Gasdichte (gleiche Bedingungen):

HCl, Luft,  $\text{CH}_4$ , CO,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}$ 

$$M_{\text{HCl}} = 36,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M_{\text{CO}} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M_{\text{CO}_2} = 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M_{\text{Luft}} = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{N}_2} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M_{\text{SO}_2} = 64 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M_{\text{CH}_4} = 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad M_{\text{O}_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$M_{\text{N}_2\text{O}} = 44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$



## Übung 77.1



18 mL Wasser (entspricht 18 g), eine sehr geringe Wassermenge, werden verdampft. Welches Volumen nimmt der Wasserdampf bei 100 °C und 1 bar ein?

$$p \cdot V = n \cdot R^* \cdot T \quad n = \frac{m}{M} = \frac{18 \text{ g}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1 \text{ mol}$$

$$V = \frac{n \cdot R^* \cdot T}{p} = \frac{1 \text{ mol} \cdot 0,08314 \frac{\text{L} \cdot \text{bar}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 373 \text{ K}}{1 \text{ bar}} = \underline{\underline{31 \text{ L}}}$$

## Übung 77.2



Wie viel Gramm Zink sind erforderlich, um durch Reaktion mit überschüssiger Salzsäure 10 Liter Wasserstoff zu erzeugen?

$$(p = 1 \text{ bar}, T = 298 \text{ K}) \quad \text{Reaktionsgleichung: } \text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$$



$$p \cdot V = n \cdot R^* \cdot T \quad n = \frac{p \cdot V}{R^* \cdot T} = \frac{1 \text{ bar} \cdot 10 \text{ L}}{0,08314 \frac{\text{L} \cdot \text{bar}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}} = 0,4 \text{ mol H}_2$$

$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{Zn}} \rightarrow m_{\text{Zn}} = n_{\text{Zn}} \cdot M_{\text{Zn}} = 0,4 \text{ mol} \cdot 65,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{26,16 \text{ g}}}$$

## Übung 77.3



Wie viel Liter Wasserstoff kann man aus 10 g Aluminium durch Reaktion mit überschüssiger Salzsäure bei 25 °C und 1,01 bar gewinnen?



$$n_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} = \frac{10 \text{ g}}{27 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,37 \text{ mol} \quad \frac{n_{\text{H}_2}}{n_{\text{Al}}} = \frac{1,5}{1} \rightarrow n_{\text{H}_2} = 1,5 \cdot n_{\text{Al}} = 1,5 \cdot 0,37 \text{ mol} = 0,56 \text{ mol}$$

$$p \cdot V = n \cdot R^* \cdot T \quad V = \frac{n \cdot R^* \cdot T}{p} = \frac{0,56 \text{ mol} \cdot 0,08314 \frac{\text{L} \cdot \text{bar}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}}{1,01 \text{ bar}} = \underline{\underline{13,6 \text{ L}}}$$

## Übung 78.1



Berechne die Reaktionsenthalpie  $\Delta H_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis: Erdgasspaltung von Methan mit Wasserdampf. RGL:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$

$$\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$$

$$\Delta H_R^\ominus = -110,5 + 3 \cdot 0 - [-74,9 + (-241,8)] = \underline{\underline{206,2 \text{ kJ/mol}}}$$

## Übung 78.2



Berechne die Reaktionsenthalpie  $\Delta H_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis: Bildung von Hydrogenchlorid (alt: Chlorwasserstoff) aus den Elementen. RGL:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HCl}(\text{g})$

$$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HCl}(\text{g})$$

$$\Delta H_R^\ominus = 2 \cdot (-92,3) = \underline{\underline{-184,6 \text{ kJ/mol}}}$$



## Übung 78.3



Berechne die Reaktionsenthalpie  $\Delta H_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis:

Zersetzung von Distickstoffpentoxid. RGL:  $2 \text{N}_2\text{O}_5(\text{s}) \rightarrow 4 \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$



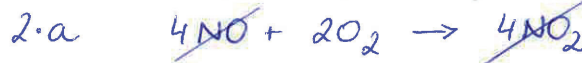
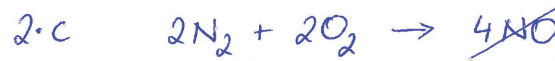
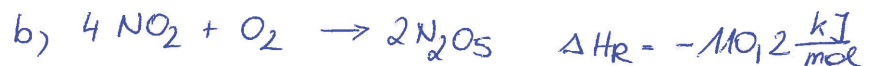
$$\Delta H_R^\ominus = 4 \cdot 33,8 + 0 - 2 \cdot (-10) = \underline{\underline{155,2 \text{ kJ/mol}}}$$

## Übung 79.1



Der Satz von Heß

Berechne die Standardbildungsenthalpie von  $\text{N}_2\text{O}_5$  aus folgenden Angaben:



$$\rightarrow \Delta H_B = \frac{2 \cdot \text{c) } + 2 \cdot \text{a) } + \text{b) }}{2} = \frac{2 \cdot 180,5 + 2 \cdot (-114,1) + (-110,2)}{2} = \underline{\underline{11,3 \text{ kJ/mol}}}$$

## Übung 79.2



Der Heizwert: Berechne den Heizwert von Ethanol.



$$\Delta H_R^\ominus = [2 \cdot (-393,5) + 3 \cdot (-241,8)] - (-277,6) = -1234,8 \text{ kJ/mol}$$

$$n = \frac{1000 \text{ g}}{46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 21,74 \text{ mol} \rightarrow H = 21,74 \text{ mol} \cdot 1234,8 \text{ kJ/mol} = \underline{\underline{26844,55 \text{ kJ pro kg}}}$$



## Übung 79.3



Der Heizwert: Berechne den Heizwert und den Brennwert von Benzen ( $C_6H_6$ )! Um wieviel % lässt sich die Energieausbeute bei Benützung eines Brennwertgerätes steigern?



$$\begin{aligned} \text{Heizwert: } \Delta H_R^\ominus &= 6 \cdot (-393,5) + 3 \cdot (-241,8) - 83 = \\ &= -3169,4 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} n &= \frac{1000 \text{ g}}{84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 11,9 \text{ mol} & H &= 11,9 \text{ mol} \cdot 3169,4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \\ & & &= \underline{\underline{37730,95 \text{ kJ pro kg}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brennwert: } \Delta H_R^\ominus &= 6 \cdot (-393,5) + 3 \cdot (-285,8) - 83 = \\ &= -3301,4 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$H = 11,9 \text{ mol} \cdot 3301,4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = \underline{\underline{39286,66 \text{ kJ pro kg}}}$$

$$39287 \text{ — } 100\%$$

$$37731 \text{ — } 96\% \rightarrow \text{um } 4\%$$

## Übung 84.1



Berechne die Reaktionsentropie  $\Delta S_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis: Erdgaspaltung von Methan mit Wasserdampf. RGL:  $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3 H_2$



$$\begin{aligned} \Delta S_R^\ominus &= (0,198 + 3 \cdot 0,131) - (0,186 + 0,189) = \\ &= \underline{\underline{0,216 \text{ kJ/K}}} \end{aligned}$$

## Übung 84.2



Berechne die Reaktionsentropie  $\Delta S_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis:

Bildung von Hydrogenchlorid (alt: Chlorwasserstoff) aus den Elementen. RGL:  $H_2(g) + Cl_{2(g)} \rightarrow 2 HCl(g)$



$$\begin{aligned} \Delta S_R^\ominus &= 2 \cdot 0,187 - (0,131 + 0,223) = \underline{\underline{0,02 \text{ kJ/K}}} \\ &\text{(für 2 mol HCl)} \end{aligned}$$

## Übung 84.3



Berechne die Reaktionsentropie  $\Delta S_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis:

Zersetzung von Distickstoffpentoxid. RGL:  $2 N_2O_{5(s)} \rightarrow 4 NO_{2(g)} + O_{2(g)}$



$$\begin{aligned} \Delta S_R^\ominus &= (4 \cdot 0,24 + 0,205) - 2 \cdot 0,153 = \underline{\underline{0,859 \text{ kJ/K}}} \\ &\text{(für 2 mol } N_2O_5) \end{aligned}$$



## Übung 85.1



Berechne die freie Reaktionsenthalpie  $\Delta G_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis:  
Erdgasspaltung von Methan mit Wasserdampf. RGL:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$

$$\Delta G_R^\ominus = 206,2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 298 \text{K} \cdot 0,216 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} = \underline{\underline{141,83 \text{ kJ/mol}}}$$

→ endergon

## Übung 85.2



Berechne die freie Reaktionsenthalpie  $\Delta G_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis:  
Bildung von Hydrogenchlorid (alt: Chlorwasserstoff) aus den Elementen. RGL:  $\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{HCl}_{(g)}$

$$\Delta G_R^\ominus = -184,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 298 \text{K} \cdot 0,02 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} = \underline{\underline{-190,56 \text{ kJ/mol}}}$$

→ exergon

## Übung 85.3



Berechne die freie Reaktionsenthalpie  $\Delta G_R^\ominus$  für die folgenden Reaktionen und interpretiere das Ergebnis:  
Zersetzung von Distickstoffpentoxid. RGL:  $2 \text{N}_2\text{O}_{5(s)} \rightarrow 4 \text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$

$$\Delta G_R^\ominus = 155,2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 298 \text{K} \cdot 0,859 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} = \underline{\underline{-100,78 \text{ kJ/mol}}}$$

→ exergon

## Übung 87.1



„Die Chloratmer“

In einem Science-Fiction-Roman wollten Außerirdische die Erde erobern.

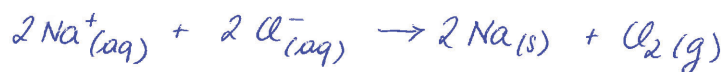
Ihr Stoffwechsel funktioniert mit Chlor statt mit Sauerstoff als Oxidationsmittel.

Die „Chloratmer“ entwickelten daher einen Katalysator, der das Natriumchlorid des Meerwassers in Natrium und Chlor zerlegt. Dieser sollte, in großen Mengen ins Meer geworfen, unsere Atmosphäre zu einer Chloratmosphäre umwandeln.

Untersuche, ob dieses Unterfangen vom chemischen Aspekt her möglich ist.

Thermodynamische Daten:

	Enthalpie (kJ/mol)	Entropie (kJ/mol·K)
$\text{Cl}_{2(g)}$	0	0,223
$\text{Na}_{(s)}$	0	0,051
$\text{Na}^+_{(aq)}$	-240,3	0,058
$\text{Cl}^-_{(aq)}$	-167,1	0,057



$$\Delta H_R^\ominus = 0 - [2 \cdot (-240,3) + 2 \cdot (-167,1)] = 814,8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_R^\ominus = (2 \cdot 0,051 + 0,223) - (2 \cdot 0,058 + 2 \cdot 0,057) = 0,095 \text{ kJ/K}$$

$$\Delta G_R^\ominus = 814,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 298 \text{K} \cdot 0,095 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} = 786,49 \text{ kJ/mol}$$

→ endergone Reaktion: nicht möglich





## 4: Das chemische Gleichgewicht

### Lösungen der Übungen

#### Übung 94.1



Notiere das MWG folgender Reaktionen:



$$a) K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]}$$

$$b) K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

#### Übung 97.1



Verschiebung des Gleichgewichtes

Bestimme die Richtung der Gleichgewichtsverschiebung durch Druckerhöhung bei der Spaltung von Methan mit Wasserdampf: RGL:  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$

$\uparrow$  Druck  $\Rightarrow$  Verschiebung in Richtung Ausgangsstoffe

#### Übung 97.2



Verschiebung des Gleichgewichtes

Bestimme die Richtung der Gleichgewichtsverschiebung durch Temperaturerhöhung bei der Verbrennung von Methan! (Exotherme Reaktion)

$\uparrow$  Temperatur  $\Rightarrow$  Verschiebung in Richtung Ausgangsstoffe

#### Übung 97.3



Verschiebung des Gleichgewichtes

Methanol -  $\text{CH}_3\text{OH}$  - wird durch Reaktion zwischen  $\text{CO}$  und  $\text{H}_2$  hergestellt. Die Reaktion ist schwach exotherm und benötigt hohe Aktivierungsenthalpie. Welche Reaktionsbedingungen sind notwendig?

niedrige (mittlere) Temperatur, Katalysator, hoher Druck

#### Übung 97.4



Fragen zur Gleichgewichtslage

Die Reaktion  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$  befindet sich bei einer Temperatur, bei der alle beteiligten Stoffe gasförmig sind, im Gleichgewicht. Das Gefäß ist durch den violetten Ioddampf charakteristisch gefärbt (alle anderen Stoffe sind farblos). Man gibt nun Wasserstoff zu und wartet auf die Neueinstellung des Gleichgewichts. Hat sich die violette Farbe verstärkt oder verringert?

$\uparrow$  Konzentration eines Ausgangsstoffes  $\Rightarrow$  Verschiebung in Richtung der Endstoffe  $\rightarrow$  Entfärbung

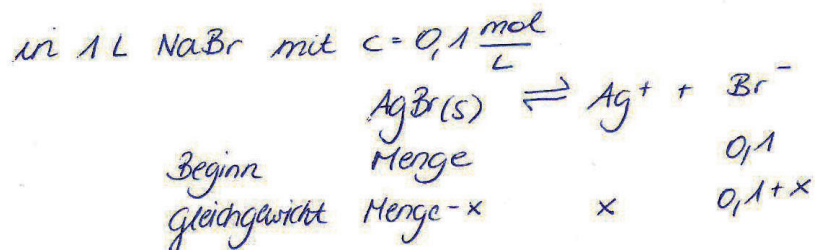
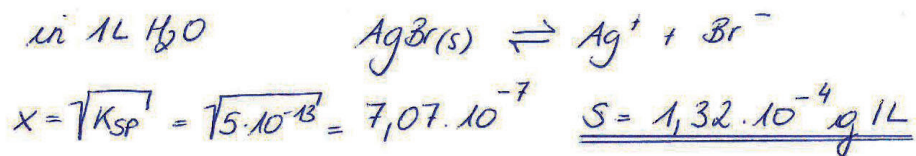


## Übung 103.1



## Löslichkeit

Berechne die Löslichkeit von Silberbromid in 1 Liter Wasser bzw. in 1 Liter NaBr-Lösung  $c = 0,1 \text{ mol/Liter!}$



$$K_{sp} = x \cdot (x + 0,1) \quad \text{da } 0,1 \gg x \Rightarrow 0,1 + x \sim 0,1$$

$$K_{sp} = x \cdot 0,1 \Rightarrow x = 5 \cdot 10^{-12} \quad \underline{\underline{S = 9 \cdot 10^{-10} \text{ g/L}}}$$





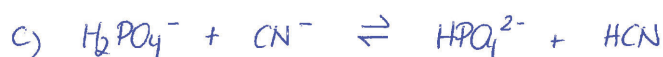
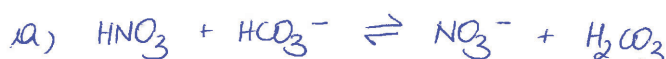
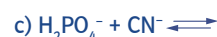
## 5: Säure-Base-Reaktion

### Lösungen der Übungen

#### Übung 109.1



Ergänze folgende Protolysenreaktionen (Säure immer links):

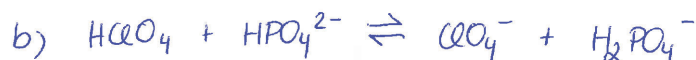


#### Übung 109.2



Formuliere die folgenden Protolysenreaktionen:

- Flusssäure reagiert mit Ammoniak
- Perchlorsäure reagiert mit Hydrogenphosphat
- Salzsäure reagiert mit Hydrogencarbonat



#### Übung 110.1



Formuliere  $K_A$  bzw.  $K_B$  für folgende Stoffe:

a)  $\text{CN}^-$     b)  $\text{HF}$     c)  $\text{HCO}_3^-$

a)  $K_B = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{HCN}]}{[\text{CN}^-]}$

b)  $K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$

c)  $K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$

$K_B = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-]}$

#### Übung 110.2



Berechne:

a)  $\text{p}K_A$  aus  $K_A = 4,23 \cdot 10^{-10}$

b)  $K_B$  aus  $\text{p}K_B = 10,25$

a)  $K_A = 4,23 \cdot 10^{-10} \rightarrow \text{p}K_A = -\lg 4,23 \cdot 10^{-10} = 9,37$

b)  $\text{p}K_B = 10,25 \rightarrow K_B = 10^{-10,25} = 5,62 \cdot 10^{-11}$

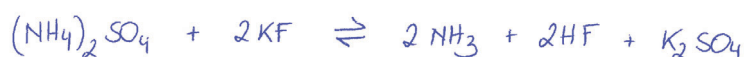
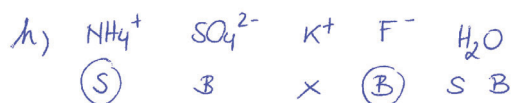
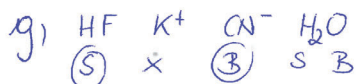
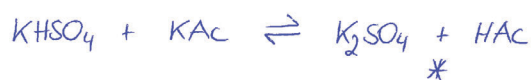
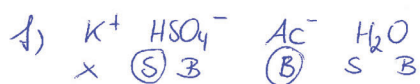
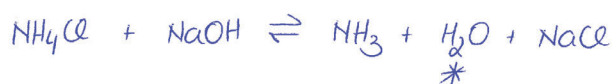
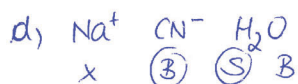
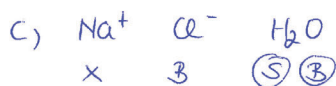
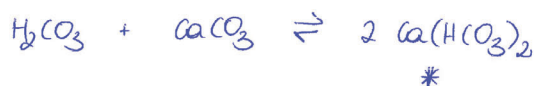
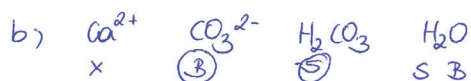
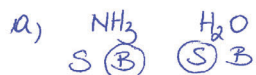


## Übung 112.1



Erstelle die Säure-Base-Reaktion und die vollständige Gleichung (= Ergänzung der an der Reaktion unbeteiligten Gegenionen), markiere die Gleichgewichtslage und berechne pK.

- a) Ammoniak reagiert mit Wasser.  
 b) Kalk (Calciumcarbonat), Kohlensäure, Wasser (Kalkverwitterung!)  
 c) Natriumchlorid und Wasser  
 d) Natriumcyanid und Wasser  
 e) Natronlauge (Natriumhydroxid), Ammoniumchlorid, Wasser  
 f) Kaliumhydrogensulfat, Kaliumacetat, Wasser  
 g) Flusssäure, Kaliumcyanid, Wasser  
 h) Ammoniumsulfat, Kaliumfluorid, Wasser



## Übung 114.1



Die folgenden Fragen sind nur mit Hilfe der Abbildung 114-3 lösbar:

- Welche Farbe hat die Indikatorbase von Phenolphthalein?
- Welche Farbe hat die Indikatorsäure von Methylrot?
- Welche Besonderheit hat der Indikator Thymolblau? Hast du eine Erklärung dafür?
- Mit welchem Indikator kann man am ehesten zwischen sauer und basisch unterscheiden?
- Welcher Indikator ist die schwächste Säure?

a), pink

b), rot

c), 2 Umschlagspunkte  $\rightarrow$  2x Möglichkeit  $H^+$  abzugeben



rot                      gelb                      blau

d), Bromthymolblau  $\rightarrow$  Umschlagsbereich bei  $\text{pH} = 7 (\pm 1)$

e), Phenolphthalein

## Übung 117.1



Berechne den pH-Wert von folgenden Lösungen:

- Salpetersäure  $c = 0,05 \text{ mol/L}$
- Blausäure  $c = 0,75 \text{ mol/L}$
- Perchlorsäure  $c = 0,002 \text{ mol/L}$
- Natriumcyanid  $c = 0,3 \text{ mol/L}$
- Kaliumhydroxid  $c = 0,01 \text{ mol/L}$
- Ammoniumbromid  $c = 2 \text{ g/L}$
- Calciumsulfid  $c = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$
- Salzsäure 2%ig ( $\rho = 1,01 \text{ g/mL}$ )
- Natronlauge  $c = 3 \text{ g/100 mL}$

a),  $HNO_3$ : starke Säure

$$\text{pH} = -\lg c_0 = -\lg 0,05 = \underline{\underline{1,3}}$$

b),  $HCN$ : schwache Säure

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_A - \lg c_0) = \frac{1}{2} (9,40 - \lg 0,75) = \underline{\underline{4,76}}$$

c),  $HClO_4$ : starke Säure

$$\text{pH} = -\lg c_0 = -\lg 0,002 = \underline{\underline{2,7}}$$

d),  $NaCN$ : ( $Na^+$ ),  $CN^-$ : schwache Base

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_B - \lg c_0) = \frac{1}{2} (4,6 - \lg 0,3) = 2,56$$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2,56 = \underline{\underline{11,44}}$$

e),  $KOH$ : ( $K^+$ ),  $OH^-$ : starke Base

$$\text{pOH} = -\lg c_0 = -\lg 0,01 = 2 \quad \text{pH} = 14 - 2 = \underline{\underline{12}}$$

f),  $NH_4Br$ :  $NH_4^+$ : schwache Säure, ( $Br^-$ )

$$c^* = \frac{2 \text{ g}}{L} \quad M = 97,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad c = \frac{c^*}{M} = \frac{2 \frac{\text{g}}{L}}{97,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,02 \frac{\text{mol}}{L}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_A - \lg c_0) = \frac{1}{2} (9,21 - \lg 0,02) = \underline{\underline{5,45}}$$



## Übung 117.1



Fortsetzung: Berechne den pH-Wert von folgenden Lösungen:

- a) Salpetersäure  $c = 0,05 \text{ mol/L}$       f) Ammoniumbromid  $c = 2 \text{ g/L}$   
 b) Blausäure  $c = 0,75 \text{ mol/L}$       g) Calciumsulfid  $c = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$   
 c) Perchlorsäure  $c = 0,002 \text{ mol/L}$       h) Salzsäure 2%ig ( $\rho = 1,01 \text{ g/mL}$ )  
 d) Natriumcyanid  $c = 0,3 \text{ mol/L}$       i) Natronlauge  $c = 3 \text{ g/100 mL}$   
 e) Kaliumhydroxid  $c = 0,01 \text{ mol/L}$

g)  $\text{CaSO}_3 : (\text{Ca}^{2+}), \text{SO}_3^{2-} : \text{schwache Base}$   

$$\text{pOH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_B - \lg c_0) = \frac{1}{2} (7,01 - \lg 3,5 \cdot 10^{-5}) = 5,73$$

$$\text{pH} = 14 - 5,73 = \underline{\underline{8,27}}$$

h)  $\text{HCl} : \text{starke Säure}$   

$$\rho = 1,01 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 1010 \frac{\text{g}}{\text{L}} \quad c = \frac{2 \cdot 1010 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{36,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100} = 0,55 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\text{pH} = -\lg c_0 = -\lg 0,55 = \underline{\underline{0,26}}$$

i)  $\text{NaOH} : (\text{Na}^+), \text{OH}^- : \text{starke Base}$   

$$c = \frac{c^*}{M} = \frac{30 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{40 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,75 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad \text{pOH} = -\lg c_0 = -\lg 0,75 = 0,12$$

$$\text{pH} = 14 - 0,12 = \underline{\underline{13,88}}$$

## Übung 119.1



1 Liter einer Pufferlösung enthält Ammonium-Ionen mit  $c = 0,2 \text{ mol/L}$  und Ammoniak mit  $c = 0,1 \text{ mol/L}$ .

- a) Berechne den pH-Wert dieser Pufferlösung.  
 b) Berechne den pH-Wert dieser Pufferlösung nach der Zugabe von 2 mL Salpetersäure  $c = 5 \text{ mol/L}$ .  
 c) Berechne den pH-Wert dieser Pufferlösungen nach der Zugabe von 1 g KOH.

a) 
$$\text{pH} = \text{p}K_A - \lg \frac{n(\text{HPuH})}{n(\text{PuH}^-)} = 9,21 - \lg \frac{0,2}{0,1} = \underline{\underline{8,9}}$$

b) 
$$n = c \cdot V = 5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ L} = 0,01 \text{ mol}$$

$$\text{pH} = 9,21 - \lg \frac{0,2 + 0,01}{0,1 - 0,01} = \underline{\underline{8,84}}$$

c) 
$$n = \frac{m}{M} = \frac{1 \text{ g}}{56,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,018 \text{ mol}$$

$$\text{pH} = 9,21 - \lg \frac{0,2 - 0,018}{0,1 + 0,018} = \underline{\underline{9,02}}$$





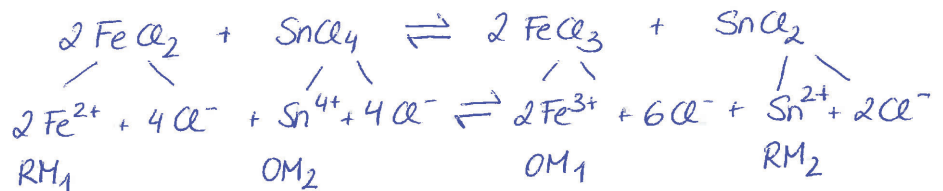
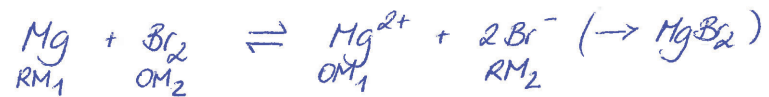
## 6: Redox-Reaktion

### Lösungen der Übungen

#### Übung 134.1



Stelle Oxidations- und Reduktionsmittel für Hin- und Rückreaktion folgender Beispiele fest:

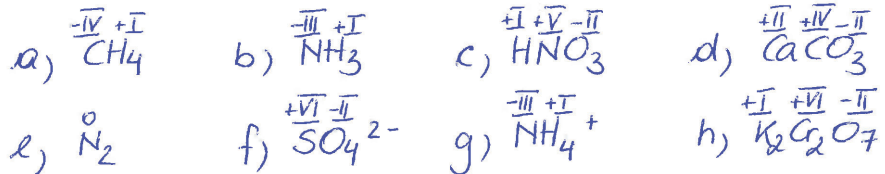


#### Übung 135.1



Bestimme die Oxidationszahlen der Atome folgender Teilchen:

a)  $\text{CH}_4$    b)  $\text{NH}_3$    c)  $\text{HNO}_3$    d)  $\text{CaCO}_3$    e)  $\text{N}_2$    f)  $\text{SO}_4^{2-}$    g)  $\text{NH}_4^+$    h)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$



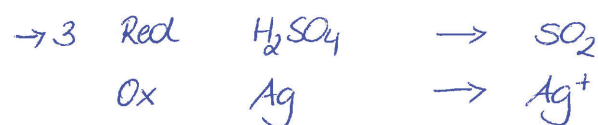
#### Übung 136.1



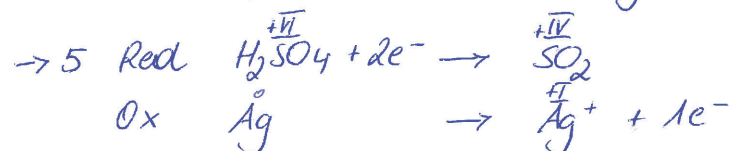
Schwefelsäure reagiert mit Silber zu  $\text{Ag}^+$  und Schwefeldioxid.



Erstelle die vollständige Redoxgleichung mit Hilfe des nebenstehenden Textes.



$\rightarrow 4$  entfällt, da die Atomsorten gleich oft vorhanden sind



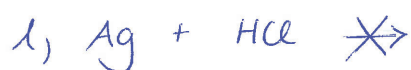
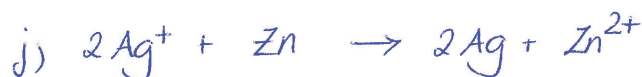
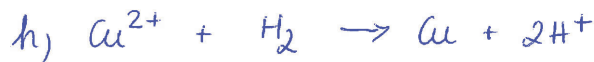
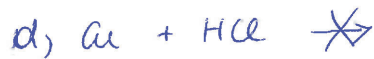
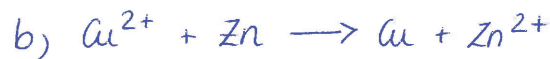




## Übung 140.1



Ergänze die Reaktionsgleichungen, wenn sie ablaufen können bzw. streiche den Reaktionspfeil durch, wenn keine Reaktion möglich ist. (Beachte beim Richtigestellen auch die Ladungen – bei diesen Reaktionen werden Elektronen ausgetauscht!)





## Übung 144.1



Berechne folgende Potenziale:

- a) das „Silberpotenzial“ bei einer  $\text{Ag}^+$ -Konzentration von 0,1 mol/L  
 b) das „Chlorpotenzial“ bei einer  $\text{Cl}^-$ -Konzentration von 1,5 mol/L  
 c) das „Nitratpotenzial“ bei  $\text{pH} = 7$  (zB wässrige Kaliumnitrat-Lösung)



$$E = 0,80 - \frac{8,314 \cdot 298}{1 \cdot 96485} \cdot \ln \frac{1}{0,1} = \underline{\underline{0,74\text{V}}}$$



$$E = 1,36 - \frac{8,314 \cdot 298}{2 \cdot 96485} \cdot \ln \frac{(1,5)^2}{1} = \underline{\underline{1,35\text{V}}}$$



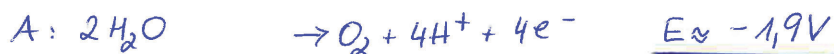
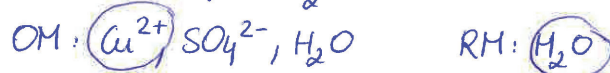
$$E = 0,96 - \frac{8,314 \cdot 298}{3 \cdot 96485} \cdot \ln \frac{1}{(10^{-7})^4} = \underline{\underline{0,41\text{V}}}$$

## Übung 149.1



Gib die Reaktionen an Katode und Anode sowie die benötigte Zersetzungsspannung bei der Elektrolyse folgender wässriger Salzlösungen an inerten Elektroden an:

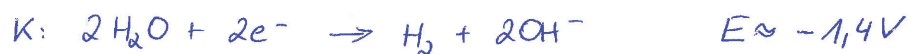
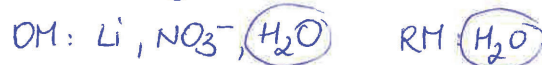
- a) Kupfer(II)-sulfat-Lösung      b) Kaliumbromid-Lösung      c) Lithiumnitrat-Lösung



$$U_Z \approx \underline{\underline{-1,55\text{V}}}$$



$$U_Z \approx \underline{\underline{-0,34\text{V}}}$$



$$U_Z \approx \underline{\underline{-3,3\text{V}}}$$



## Übung 150.1



Berechne folgende Elektrolyseprobleme:

- a) Berechne die Stromstärke, wenn sich aus einer Silbernitratlösung ( $\text{AgNO}_3$ ) nach 15 Minuten 0,872 g Silber abgeschieden haben.
- b) Aus einer Metallchloridschmelze  $\text{MeCl}_2$  werden elektrolytisch in 80 Minuten bei einer Stromstärke von 10 A 6,05g des Metalls abgeschieden. Um welches Metall handelt es sich?

$$a) \quad m = \frac{I \cdot t \cdot M}{z \cdot F} \rightarrow I = \frac{m \cdot z \cdot F}{t \cdot M} = \frac{0,872 \text{ g} \cdot 1 \cdot 96485 \frac{\text{As}}{\text{mol}}}{900 \text{ s} \cdot 107,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \underline{\underline{0,866 \text{ A}}}$$

$$b) \quad m = \frac{I \cdot t \cdot M}{z \cdot F} \rightarrow M = \frac{m \cdot z \cdot F}{I \cdot t} = \frac{6,05 \text{ g} \cdot 2 \cdot 96485 \frac{\text{As}}{\text{mol}}}{10 \text{ A} \cdot 4800 \text{ s}}$$

$$\text{MeCl}_2 : \text{Me}^{2+} / \text{Cl}^{1-} \quad M = \underline{\underline{24,32 \text{ g}}} \rightarrow \text{Me} = \underline{\underline{\text{Mg}}}$$





## 7: Organische Chemie – Kohlenwasserstoffe

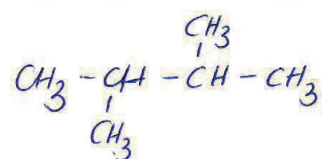
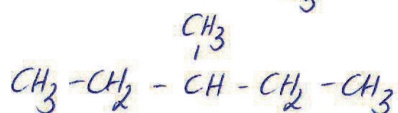
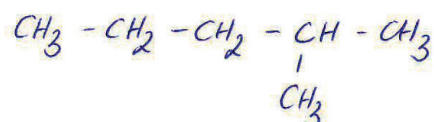
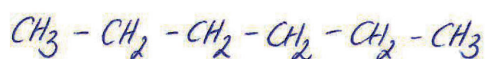
### Lösungen der Übungen

#### Übung 164.1

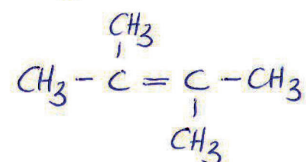
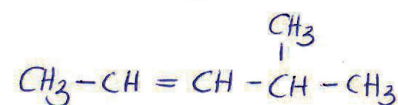
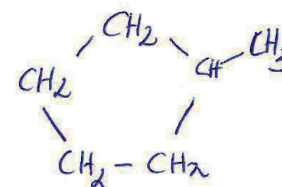
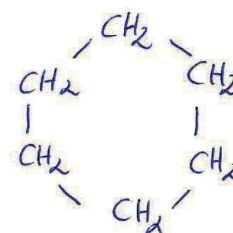
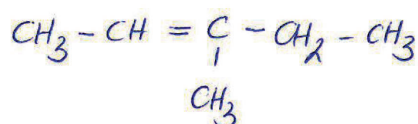
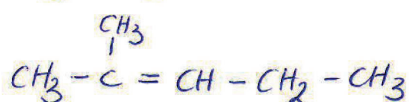
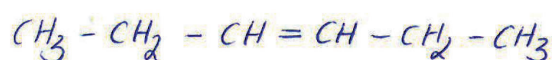
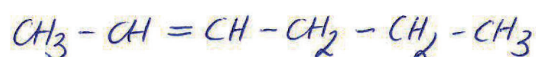
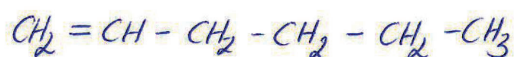


Übertrage die Skelettformeln aus Abb. 165-2 und 165-3 in Halbstrukturformeln.

Isomere zu  $C_6H_{14}$  (Abb. 165.2.)



Isomere zu  $C_6H_{12}$  (Abb. 165.3.)



## Übung 165.1



Welche Strukturmerkmale sind bei einer Verbindung mit  $C_{10}H_{16}$  möglich?



- (1) kettenförmig, 1 Dreifachbindung zB.
- (2) kettenförmig, 2 Doppelbindungen zB.
- (3) 1 Ring, 1 Doppelbindung zB.
- (4) 2 Ringe, nur Einfachbindung zB.

## Übung 165.2



$\beta$ -Carotin - eine Vorläufersubstanz des Vitamins A besitzt die Summenformel  $C_{40}H_{56}$ .

Das Molekül enthält zwei Ringe und keine Dreifachbindung. Wie viele Doppelbindungen enthält  $\beta$ -Carotin?



$$82 - 56 = 26 \text{ H's weniger} \Rightarrow 13 \text{ zusätzliche C-C-Bindungen}$$

$$13 - 2 \text{ (Ringe)} = \underline{\underline{11 \text{ Doppelbindungen}}}$$

## Übung 165.3



Wie lautet die Summenformel eines Kohlenwasserstoffs mit einer Dreifachbindung, zwei Doppelbindungen, einem Ring und 32 Kohlenstoffatomen?



$$66 - 4 \text{ H (Dreifachbindung)} - 4 \text{ H (2 Doppelbindungen)}$$

$$- 2 \text{ H (1 Ring)} = 56 \Rightarrow \underline{\underline{C_{32}H_{56}}}$$

## Übung 165.4



Erstelle je 2 Strukturformeln zu  $C_8H_{10}$ ,  $C_7H_{12}$  und  $C_4H_8$ !



Übung 167.1



Benenne die Moleküle aus Abb. 165-2 und 165-3.

Abb. 165.2.



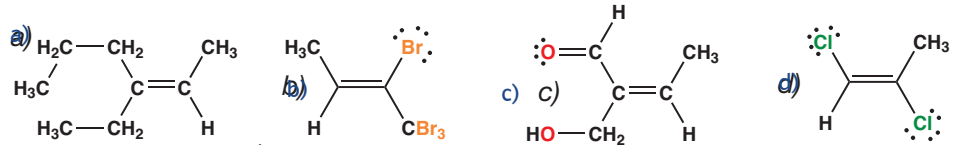
Abb. 165.3.



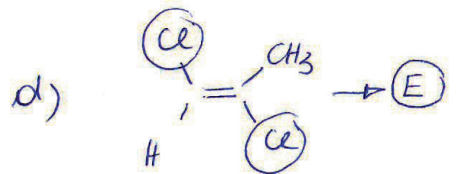
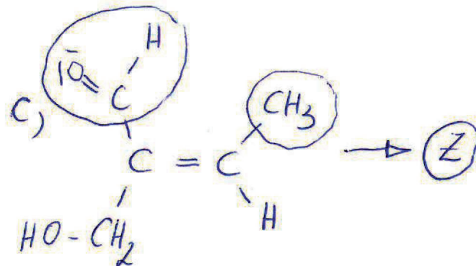
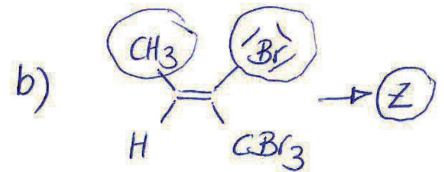
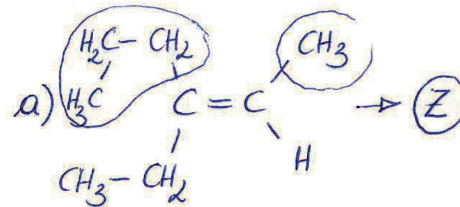
Übung 169.1



Welche der folgenden Verbindungen sind Z-Formen?



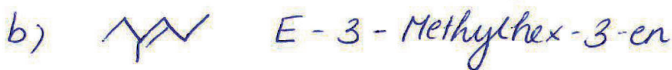
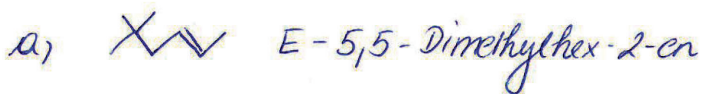
169.1.



Übung 169.2



Benenne folgende Verbindungen (berücksichtige auch die E/Z-Form).



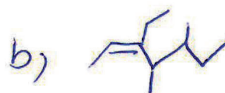
## Übung 169.3



Erstelle die Strukturformeln von:

a) E-3-Ethyl-2,5-dimethyl-hex-3-en

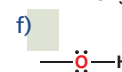
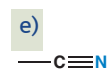
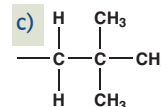
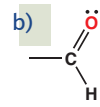
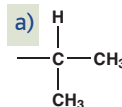
b) Z-3-Ethyl-4,5-dimethyl-hept-2-en



## Übung 169.4



Reihe folgende Gruppen nach fallender Priorität.

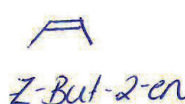


d) → f) → e) → b) → a) → c

## Übung 169.5



Nenne das einfachste Alken, bei dem E/Z-Isomere möglich sind.

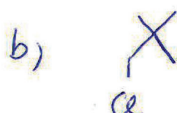
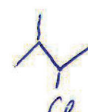


## Übung 178.1



Wieviele unterschiedliche Mono-Chlor-Produkte sind bei folgenden Molekülen möglich?

a) Methylbutan b) Dimethyl-propan





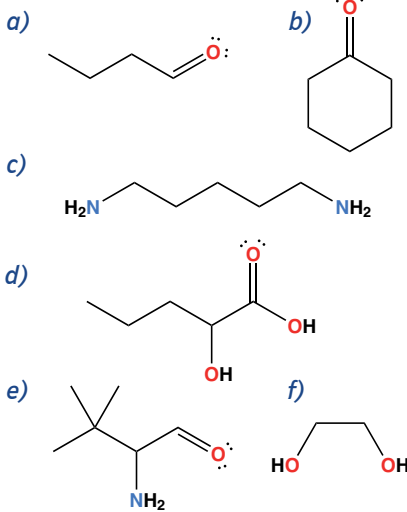
## 8: Organische Verbindungen mit Hetero-Atomen

### Lösungen der Übungen

#### Übung 193.1



Benenne die folgenden Verbindungen und nenne die Stoffklasse (Seite 192).



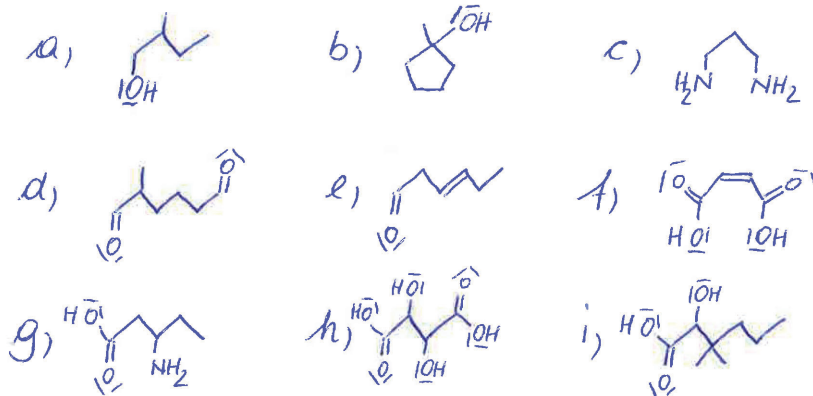
a, Butanal      b, Cyclohexanon  
 c, Pentan-1,5-diamin      d, 2-Hydroxypentansäure  
 e, 2-Amino-3,3-dimethylbutanal  
 f, Ethandiol

#### Übung 193.2



Erstelle die Strukturformel von:

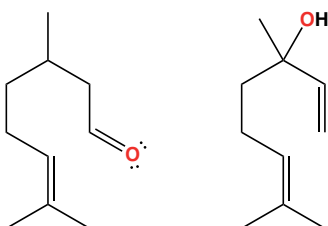
- 2-Methylbutan-1-ol
- 1-Methylcyclopentan-1-ol
- Propan-1,3-diamin
- 2-Methylhexan-1,6-dial
- Hex-3-enal
- Z-Butendisäure
- 3-Aminopentansäure
- 2,3-Dihydroxybutandisäure
- 2-Hydroxy-3,3-dimethylhexansäure



#### Übung 193.3



INCI vom englischen - International Nomenclature of Cosmetic Ingredients - bezeichnet eine internationale Richtlinie für die korrekte Angabe der Inhaltsstoffe von Kosmetika. Die unten abgebildeten zwei Duftstoffe werden laut INCI Citronellal und Linalool benannt.



Benenne diese Moleküle systematisch und ordne ihnen den INCI Namen zu:

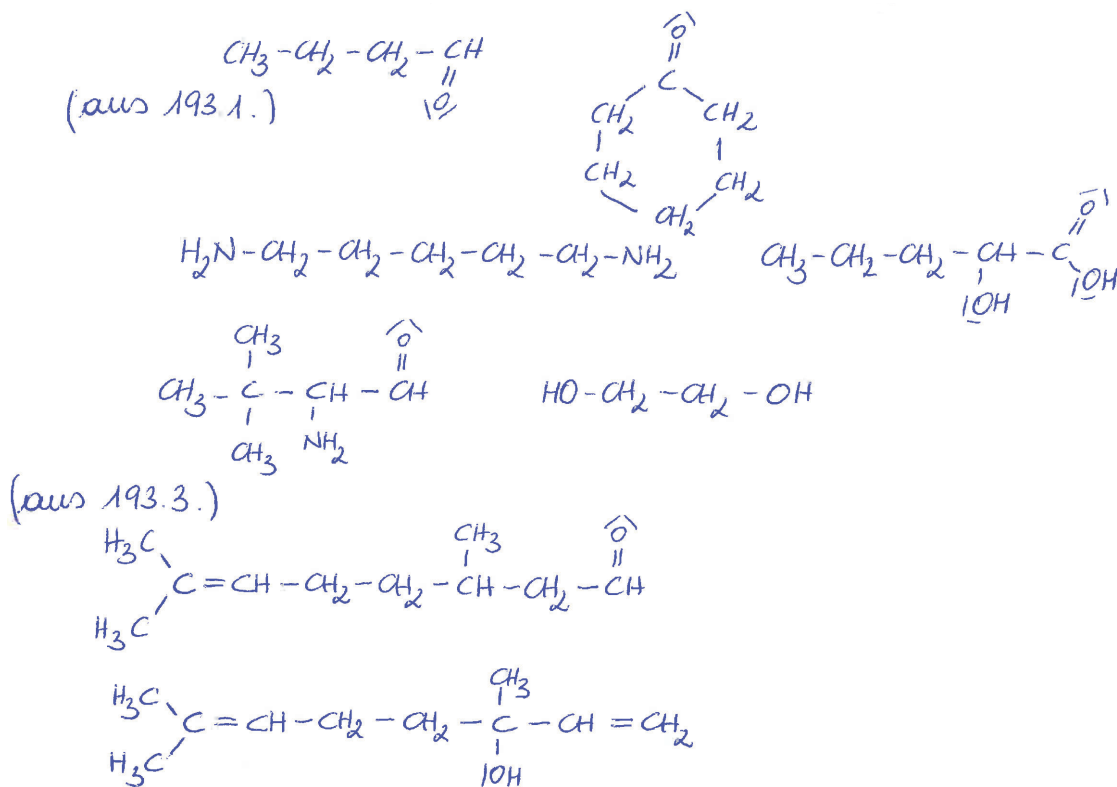
3,7-Dimethyloct-6-enal ; 3,7-Dimethyloct-1,6-dien-3-ol



Übung 193.4



Übertrage sämtliche Skelettstrukturformeln in Halbstrukturformeln.

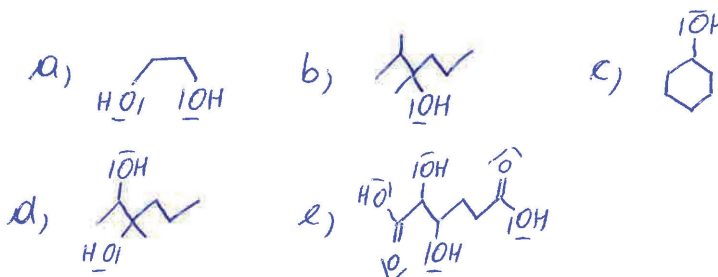


Übung 194.1



Erstelle die Strukturformel:

- a) Ethandiol
- b) 2,3-Dimethylhexan-3-ol
- c) Cyclohexanol
- d) 3-Methylhexan-2,3-diol
- e) 3,4-Dihydroxyhexandisäure



Übung 194.2



Ordne die Beispiele aus Aufgabe 194.1 in einwertige und mehrwertige Alkohole. Welche der -OH Gruppen sind primär, sekundär bzw. tertiär?

a: mehrwertig, beide primär  
 b: einwertig, tertiär  
 c: einwertig, sekundär  
 d: mehrwertig

e: mehrwertig, beide sekundär



## Übung 194.3



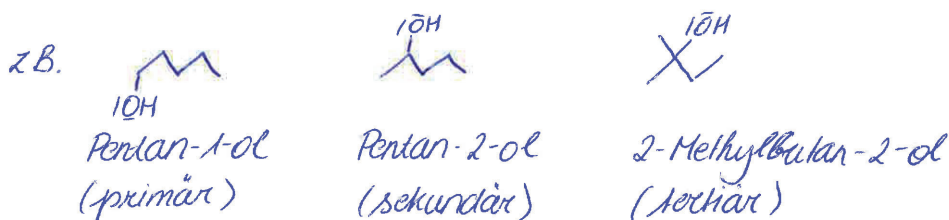
Warum ist bei der Angabe „Ethandiol“ keine Lokantenangabe notwendig?

Laut Erlenmeyerregel (siehe S. 194) kann ein C-Atom nur eine OH-Gruppe binden  $\rightarrow$  bei 2 C-Atomen (Ethan!) und 2 OH-Gruppen (-diol!) ist nur die Stellung 1,2 für die OH-Gruppen möglich.

## Übung 194.4



Erstelle die Strukturformel von jeweils einem primären, sekundären und tertiären einwertigen Alkohol mit 5 C-Atomen. Benenne diese Alkohole systematisch.

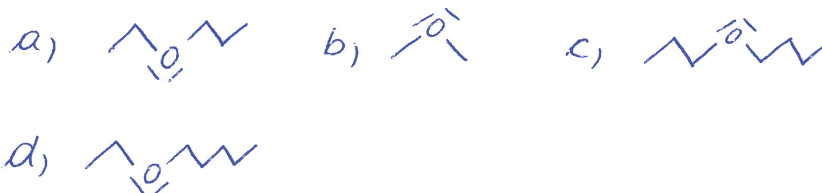


## Übung 200.1



Erstelle die Strukturformel und bestimme den weiteren möglichen Namen von:

- a) Ethoxypropan                      b) Dimethylether  
c) Propoxybutan                     d) Ethylpentylether

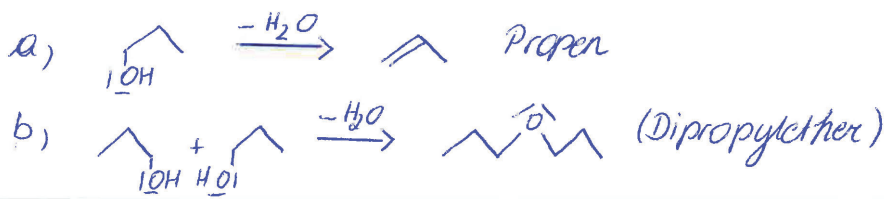


## Übung 200.2



Erstelle die Reaktionsgleichung für eine Wasserabspaltung:

- a) innerhalb des Propan-1-ol-Moleküls,      b) zwischen Propan-1-ol-Molekülen!



## Übung 200.3



Erstelle die Strukturformel der möglichen Ether, die bei der Reaktion einer Methanol/Ethanol-Mischung gebildet werden können!



## Übung 200.4



Begründe die größere Dichte des Diethyl-ethers im Vergleich zu Luft.

$M(\text{Diethylether } C_4H_{10}O) = 74 \frac{g}{mol} > M(\text{Luft}) = 28,8 \frac{g}{mol}$   
( $\rho$  ist direkt proportional zu  $M$  - siehe S. 76)





## Übung 202.2



Welche Verbindung (mit ähnlicher Masse) hat jeweils den höheren Siedepunkt?

- a) 1-Propanol oder Propanal    b) Pentan-3-on oder Pentan-3-ol    c) Glycol oder Propanon

a, Propan-1-ol    b, Pentan-3-ol    c, Glykol

## Übung 204.1



Benenne die in Abb. 204-1 angeführten Carbonsäuren systematisch.

(1) Methansäure, (2) Ethansäure, (3) Propansäure,  
 (4) Butansäure, (5) Pentansäure, (6) Hexansäure,  
 (7) Ethandisäure, (8) Propandisäure, (9) Butandisäure,  
 (10) Propensäure, (11) Benzencarbonsäure,  
 (12) 2-Hydroxybenzencarbonsäure, (13) Benzen-1,2-dicarbonsäure,  
 (14) 2-Hydroxypropansäure, (15) 2-Oxopropansäure

## Übung 204.2



Welche Säuren aus Abb. 204-1 sind

- a) Dicarbonsäuren    b) ungesättigte Säuren    c) Hydroxysäuren

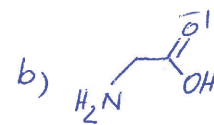
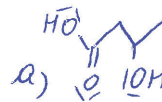
a) Dicarbonsäuren: 7, 8, 9, 13  
 b) ungesättigte Säuren: 10  
 c) Hydroxysäuren: 12, 14

## Übung 204.3



Erstelle die Strukturformel der

- a) 3-Hydroxybutansäure    b) Aminoethansäure



## Übung 205.1



Reihe folgende aliphatischen Alkohole nach steigender Säurestärke. Stelle dabei dieselben Überlegungen (I-Effekte) an, wie bei den Carbonsäuren:

Methanol, Butan-1-ol, Ethanol, Propan-2-ol, Methylpropan-2-ol, Butan-2-ol

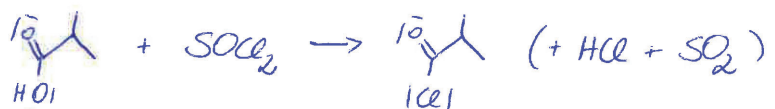
Methylpropan-2-ol < Butan-2-ol < Butan-1-ol <

Propan-2-ol < Ethanol < Methanol

## Übung 209.1



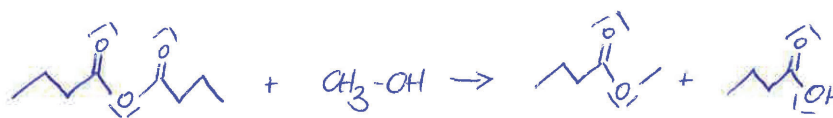
Gib die Reaktionsgleichung für die Bildung von 2-Methylpropansäurechlorid aus der 2-Methylpropansäure an!



## Übung 209.2



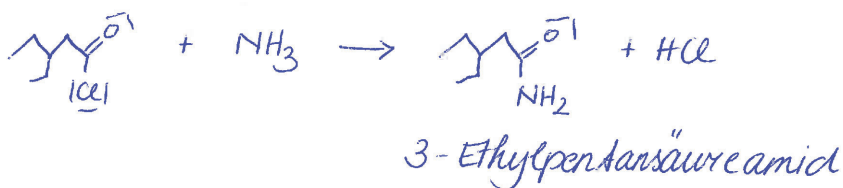
Gib die Reaktionsgleichung für die Veresterung von Butansäureanhydrid mit Methanol an!



## Übung 209.3



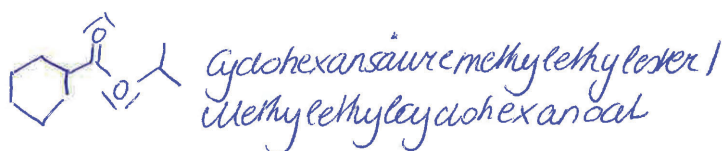
Gib die Reaktionsgleichung für die Reaktion von 3-Ethylpentansäurechlorid mit Ammoniak an und benenne die dabei entstehende Verbindung!



## Übung 210.1



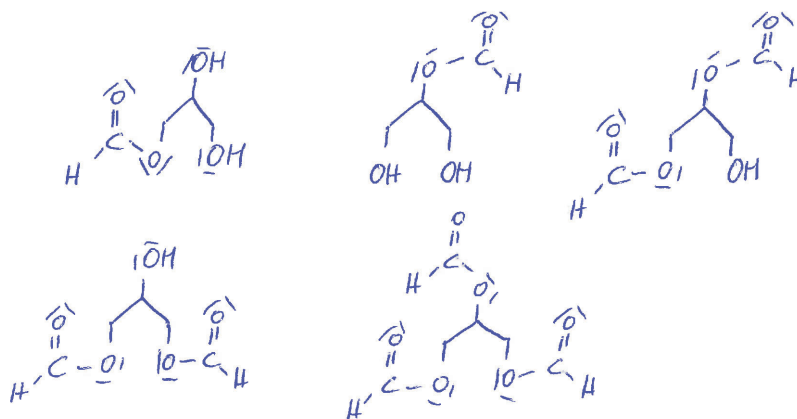
Zeichne die Strukturformeln sämtlicher möglicher Ester der Carbonsäuren Propansäure und Cyclohexancarbonsäure mit den Alkoholen Methanol, Ethanol und Propan-2-ol und benenne die Ester, wenn möglich, systematisch.



Übung 210.2



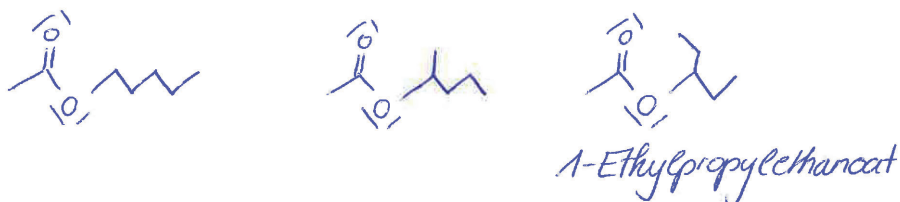
Zeichne die Strukturformeln aller möglichen Ester zwischen Methansäure und Propan-1,2,3-triol.



Übung 211.1



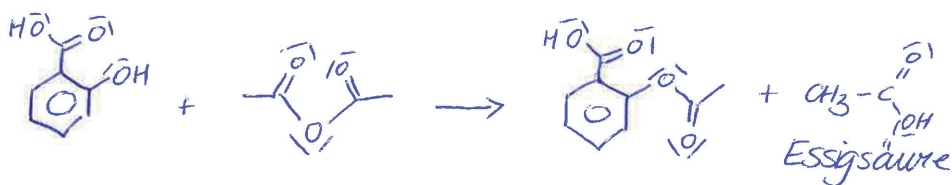
Essigsäure bildet mit Pentan-1-ol, Pentan-2-ol und Pentan-3-ol Ester. Zeichne die Strukturformeln dieser Ester. Welcher von ihnen heißt 1-Ethyl-propyl-ethanoat?



Übung 211.2



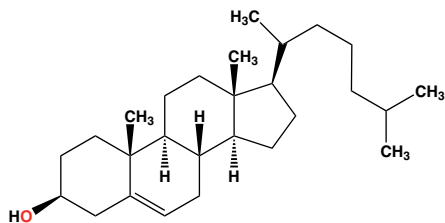
Bei der technischen Synthese von ASS verwendet man Essigsäureanhydrid statt Essigsäure. Welches Molekül wird bei dieser Synthese an Stelle von Wasser abgespalten?



Übung 216.1



Wie viele asymmetrisch substituierte C-Atome weist das Cholesterol-Molekül auf? Welche Stereoisomerenzahl ist maximal möglich?



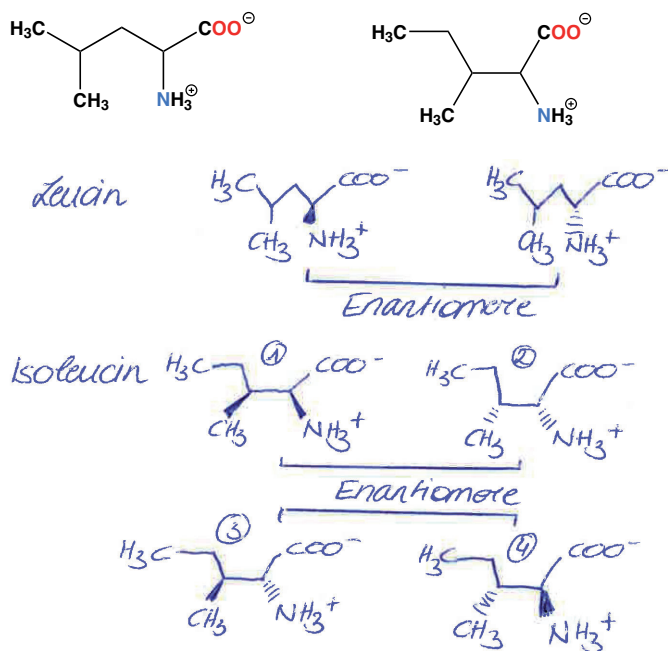
asymmetrische C-Atome = 7  
 maximale Anzahl an Stereoisomeren =  $2^7 = 128$



Übung 216.2



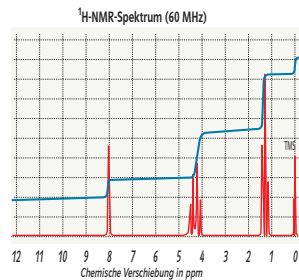
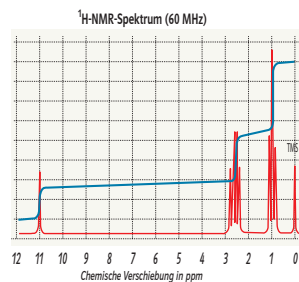
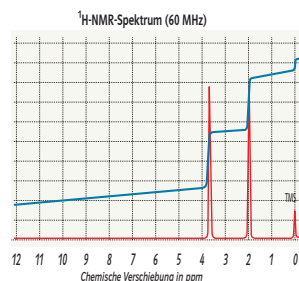
Zeichne die Stereoisomeren der folgenden beiden Aminosäuren. Kennzeichne dabei die Enantiomeren- und Diastereomerenpaare.



Übung 223.1



Propansäure, Methylethanoat und Ethylmethanoat sind isomere Verbindungen. Ordne die 3 Spektren diesen Verbindungen zu:



1. Spektrum: Methylethanoat
2. Spektrum: Propansäure
3. Spektrum: Ethylmethanoat





## 10: Stoffwechsel

### Lösungen der Übungen

#### Übung 295.1



Berechne die Energiebilanz in gebildetem ATP für den vollständigen Abbau von einem Molekül Palmitinsäure (Hilfe: Seite 287)

