

**Thema: Atombau, Aufgaben und Antworten**

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [Atom-01](#) : Notation, Anzahl p, n und e
- Ab [Atom-10](#) : Isotope
- Ab [Atom-20](#) : Coulombgesetz
- Ab [Atom-30](#) : Bohrsches Atommodell, Elektronenkonfiguration
- Ab [Atom-40](#) : Moleküle zeichnen
- Ab [Atom-50](#) : Formalladung, Elektronegativität, Mesomerie
- Ab [Atom-60](#) : Allotropie

**Aufgabe: Atom-01**

Was sind Protonen?

**Lösung:**

Protonen sind neben den Neutronen und Elektronen eines der Bestandteile des Atoms. Die Anzahl der Protonen definieren den Namen des Elements. Ein Atom mit (z.B.) 79 Protonen (und völlig unwichtig wie viele Neutronen und Elektronen es hat) wird immer Gold ('Au') genannt.

**Aufgabe: Atom-02**

Wie finde ich heraus, wie viele Protonen ein Atom hat?

**Lösung:**

Die Ordnungszahl auf dem PSE gibt die Antwort auf die Frage. Bei Gold wären dies 79 Protonen. Hinweis: Ein Atom kann auch 'Zwillinge' haben, nennen sich aber 'Isotope': die Anzahl der Protonen ist identisch, die Anzahl der Neutronen unterscheidet sich aber.

**Aufgabe: Atom-03**

Was ist die Nukleonenzahl (auch Atommassenzahl genannt)?

**Lösung:**

Diese Anzahl (muss übrigens eine ganze Zahl sein!) entspricht der Summe der Protonen sowie Neutronen eines Atoms. Oder kurz: Anzahl(p) + Anzahl(n) = Nukleonenzahl  
Diese Anzahl kann aus dem (kleinen) üblichen Periodensystem NICHT abgelesen werden. Die Nukleonenzahl steht definitionsgemäss oben links beim Elementsymbol.

**Beispiel:** <sup>13</sup>C sei gegeben. Da die Rede von 'C' (also Kohlenstoff) ist, weiss man, dass 6 Protonen vorhanden sein müssen. (Jedes Kohlenstoffatom hat per Definition 6 Protonen). Aus der Differenz zwischen 13 und 6 errechnet sich die Anzahl der Neutronen: 7. Somit:

Anzahl Protonen = 6

Anzahl Neutronen = 7

Nukleonenzahl = 13

**Aufgabe: Atom-04**

Steht die Angabe der relativen Atommasse (auf dem Periodensystem) für ein einzelnes Atom oder ein Mol?

**Lösung:**

Die Angabe steht für zwei 'Ansichten':

--- die Masse eines (einzelnen!) Atoms, z.B. beim Kohlenstoff wäre dies 12.0107 u ('units') (oder umgerechnet in Gramm:  $12.0107 \cdot 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 1.99378 \cdot 10^{-23} \text{ g}$ )

--- die Masse eines Mols (=  $6.022 \cdot 10^{23}$ ) Atome, z.B. Kohlenstoff 12.0107 Gramm.

Hinweis: um die Umrechnung nachzuvollziehen, müssten exakte Zahlen ( $1.660539040 \cdot 10^{-24}$ ) für das unit und

**Aufgabe: Atom-05**

Bestimme die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen folgender Atomkerne

Anzahl ...	Protonen	Neutronen	Elektronen
<sup>3</sup> <sub>1</sub> H			

${}^5_2\text{He}$			
${}^{13}\text{C}$			
${}^{234}\text{U}$			
${}^{13}\text{C}^{2+}$			
${}^{34}\text{S}^{2-}$			
${}^4\text{He}^{2+}$			
${}^{17}\text{O}$			
${}^{200}\text{Au}^+$			
${}^{78}\text{Br}^-$			

**Lösung:**

Anzahl ...	Protonen	Neutronen	Elektronen
${}^3_1\text{H}$	1	2	1
${}^5_2\text{He}$	2	3	2
${}^{13}\text{C}$	6	7	6
${}^{234}\text{U}$	92	142	92
${}^{13}\text{C}^{2+}$	6	7	4
${}^{34}\text{S}^{2-}$	16	18	18
${}^4\text{He}^{2+}$	2	2	0
${}^{17}\text{O}$	8	9	8
${}^{200}\text{Au}^+$	79	121	78
${}^{78}\text{Br}^-$	35	43	36

#### Aufgabe: Atom-06

Gegeben seien folgende Notation:  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2^+$ ,  $\text{H}_2^{2+}$  Welche Notation ist völlig falsch?

**Lösung:**

Die Notation  $\text{H}_2^{2+}$  ist falsch.

Zur Erinnerung: ein Wasserstoffatom (H) weist ein Proton sowie ein Elektron auf. Gibt das Wasserstoffatom ein Elektron ab, so erhält man ein Wasserstoffion,  $\text{H}^+$ , mit total also 1 Proton sowie 0 Elektronen. Weitere Elektronen können also nicht abgegeben werden, so dass ein  $\text{H}_2^{2+}$  erhalten werden würde.

#### Aufgabe: Atom-10

Was ist ein Isotop?

**Lösung:**

Die Isotope (eines Elements) haben die gleiche Anzahl Protonen, die Anzahl der Neutronen ist aber unterschiedlich.

#### Aufgabe: Atom-11

**Isotope:** Notiere zwei verschiedene Elemente (inklusive Nukleonenzahl), welche die gleiche Masse haben.  
Annahme:  $m(p) = m(n)$ , die Masse der Elektronen kann in dieser Aufgabe vernachlässigt werden

**Lösung:**

Die gleiche Masse heisst somit schlussendlich, dass die Nukleonenzahl gleich wäre. Es gibt hunderte verschiedenen Lösungen, z.B.:

$$\cdot m({}^{13}\text{C}) = m({}^{13}\text{N})$$

- $m(^{13}\text{C}) = m(^{13}\text{O})$
- $m(^4\text{He}) = m(^4\text{Li})$

Beachte, dass ...: die Elemente verschieden sind (Anzahl p verschieden)

### Aufgabe: Atom-12

Was ist den drei Siliciumisotopen  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{29}\text{Si}$ ,  $^{30}\text{Si}$  gemeinsam, was ist verschieden?

#### Lösung:

Die Protonen und Elektronenzahl ist immer gleich, aber die Neutronenzahl ist verschieden. Die chemischen Eigenschaften der drei Isotope sind gleich, nur der Kern ist unterschiedlich schwer. Dadurch ergeben sich unterschiedliche physikalische Eigenschaften

### Aufgabe: Atom-13

Bei der Reaktion von Brom mit Wasserstoff entsteht Bromwasserstoffgas (HBr). Folgende Isotope beteiligen sich an der Reaktion:  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{79}\text{Br}$  sowie  $^{81}\text{Br}$ .

- Wie lautet die ausgeglichene Reaktionsgleichung?
- Wie viele verschiedene HBr-Moleküle mit unterschiedlicher Masse werden dabei gebildet?
- Welche Isotopenkombination wäre das leichteste HBr, welches das schwerste HBr-Molekül? Angabe inklusive Molmasse.

Annahmen für die Molmassen: sie berechnet sich mit der Vereinfachung, dass  $m(\text{Proton}) = m(\text{Neutron})$ . Somit gilt folgendes:  $M(^1\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ,  $M(^2\text{H}) = 2 \text{ g/mol}$ ,  $M(^{79}\text{Br}) = 79 \text{ g/mol}$  sowie  $M(^{81}\text{Br}) = 81 \text{ g/mol}$ .

#### Lösung:

- $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HBr}$
- Es gibt 4 verschiedene mögliche Paare:  
 $^1\text{H}-^{79}\text{Br}$ ,  $^1\text{H}-^{81}\text{Br}$ ,  $^2\text{H}-^{79}\text{Br}$  und  $^2\text{H}-^{81}\text{Br}$
- $M(^1\text{H}-^{79}\text{Br}) = 80 \text{ g/mol}$ ,  $M(^1\text{H}-^{81}\text{Br}) = 82 \text{ g/mol}$ ,  $M(^2\text{H}-^{79}\text{Br}) = 81 \text{ g/mol}$ ,  $M(^2\text{H}-^{81}\text{Br}) = 83 \text{ g/mol}$   
leichtes Molekül  $^1\text{H}-^{79}\text{Br}$ , schwerstes Molekül  $^2\text{H}-^{81}\text{Br}$

### Aufgabe: Atom-14

In welchen prozentualen Anteilen liegen  $^{28}\text{Si}$  und  $^{29}\text{Si}$  vor, wenn der Massenanteil von  $^{30}\text{Si}$  3.1 % beträgt?

Hinweis:  $m(^{28}\text{Si}) = 27.9769 \text{ u}$ ,  $m(^{29}\text{Si}) = 28.9765 \text{ u}$ ,  $m(^{30}\text{Si}) = 29.9738 \text{ u}$

#### Lösung:

Aus dem Periodensystem ergibt sich die durchschnittliche Masse des Siliciums; 28.09 g/mol resp. die Masse pro hypothetischem Siliziumatom.

$x = \text{Häufigkeit in \% von } ^{28}\text{Si}$ ,  $y = \text{Häufigkeit in \% von } ^{29}\text{Si}$

Gleichung 1:  $x + y + 3.1 = 100$

Gleichung 2:  $(x \cdot 27.9769\text{u} + y \cdot 28.9765\text{u} + 3.1 \cdot 29.9738\text{u}) / 100 = 28.09\text{u}$

$x$  und  $y$  mit Gleichungen 1 und 2 bestimmen.  $x = 92.2 \%$ ;  $y = 4.7\%$

### Aufgabe: Atom-15

Natürlicher Kohlenstoff besteht zu 98.94% aus  $^{12}\text{C}$ , der Rest bestehe aus  $^{13}\text{C}$  ( $m=13.003355 \text{ u}$ ).

- Berechne aus diesen Werten die zu erwartende durchschnittliche Kohlenstoffmasse.
- Was kann aus dem tatsächlichen Wert von 12.0107 (Wert aus dem PSE) rückgeschlossen werden?
- Berechne die zu erwartende durchschnittliche Kohlenstoffmasse mit der Idee, dass die Massen von  $m(^{12}\text{C})=12\text{u}$  und  $m(^{13}\text{C})=13\text{u}$  betragen.

**Hinweis:** Die Masse eines C-12 beträgt exakt (Definition) 12 u

#### Lösung:

- $0.9894 \cdot 12 \text{ u} + 0.0106 \cdot 13.003355 \text{ u} = 12.010635 \text{ u}$
- Der theoretische Wert ('PSE') liegt bei 12.0107 u resp. 12.0107 g/mol. Der kleine Unterschied liegt in gerundeten Werten der Häufigkeiten
- $0.9894 \cdot 12 \text{ u} + 0.0106 \cdot 13 \text{ u} = 12.0106 \text{ u}$

### Aufgabe: Atom-16

Das Element Chlor besteht aus zwei Isotopen:  $^{35}\text{Cl}$  resp.  $^{37}\text{Cl}$ .  $m(^{35}\text{Cl}) = 34.969 \text{ u}$ , Häufigkeit = 75.77%,  $m(^{37}\text{Cl}) = 36.966 \text{ u}$ . Berechne daraus die durchschnittliche Masse eines Chloratoms und interpretiere das Resultat.

**Lösung:**

$$m(\text{Cl}) = 0.7577 \cdot 34.969 \text{ u} + (1 - 0.7577) \cdot 36.966 \text{ u} = 35.4528731 \text{ u}$$

Die durchschnittliche Masse eines Chloratoms beträgt 35.4528 u resp. ein Mol hätte die Masse von 35.4528 Gramm. Beachte: auch wenn man noch so gut in der Natur sucht, nie wird man ein solches Atom finden. Entweder haben die Chloratome die Masse von 34.969 u oder die Masse von 36.966 u.

**Aufgabe: Atom-17**

Brom tritt in der Natur als Gemisch der beiden stabilen Isotope  $^{79}\text{Br}$  sowie  $^{81}\text{Br}$  auf. Häufigkeiten:  $^{79}\text{Br}$  zu 50.65%,  $m = 78.918338 \text{ u}$ . Berechne aus der durchschnittlichen Molmasse des Broms nun die Häufigkeit sowie die Masse des  $^{81}\text{Br}$  in u sowie g/mol.

**Hinweis:** Die Molmasse des Broms beträgt (PSE) 79.904 u resp. 79.904 g/mol

**Lösung:**

Häufigkeit des zweiten Isotops:  $100 - 50.65\% = 49.35\%$

Somit:  $0.5065 \cdot 78.918338 \text{ u} + 0.4935 \cdot x \text{ u} = 79.904 \text{ u}$

$x = 80.9156 \text{ u}$  resp. 80.9156 g/mol

**Aufgabe: Atom-18**

Ein Element besteht aus einem Gemisch aus drei Isotopen, wobei die beiden leichteren Isotope die gleiche Häufigkeiten haben. Die Molmassen der drei Isotope sei ebenfalls bekannt.

Berechne daraus die allgemeine Formel der durchschnittlichen Molmasse des Elementes.

**Lösung:**

- Häufigkeit Isotop I: x, wobei x eine Zahl zwischen 0 (0%) und 1 (100%) wäre
- Häufigkeit Isotop II: x
- Somit hat das Isotop III die Häufigkeit (1-2x)
- Zu erwartendes Molmasse:  $x \cdot M(\text{Isotop I}) + x \cdot M(\text{Isotop II}) + (1-2x) \cdot M(\text{Isotop III})$

**Aufgabe: Atom-19**

Silber kommt als Gemisch zweier Isotope vor  $^{107}\text{Ag}$ , Atommasse 106.906 u und  $^{109}\text{Ag}$  mit der Atommasse von 108.905 u. Wieviel Prozent Anteil hat jedes Isotop? Berechnung nur bis zu dem Punkt, bis die Gleichung nur noch eine unbekannte Grösse aufweist.

**Lösung:**

- Isotop I:  $^{107}\text{Ag}$ , 106.906 u, x %
- Isotop II:  $^{109}\text{Ag}$ , 108.905 u, y %
- $x \% + y \% = 100 \%$
- $y \% = 100 \% - x \%$
- PSE:  $m({}_{47}\text{Ag}) = 107.8662 \text{ u}$
- $x \cdot 106.906 \text{ u} + (1-x) \cdot 108.905 \text{ u} = 107.8662 \text{ u}$
- nicht verlangt, aber als Übung, nach x auflösen ergäbe einen Wert von 51.966% für das Isotop I und 48.034% für das Isotop II

**Aufgabe: Atom-20**

Bei zwei entgegengesetzt geladene Teilchen wird der Abstand verdoppelt. Wie gross ist die Kraft nun?

**Lösung:**

Das Coulombgesetz besagt, dass die Kraft zwischen zwei Ladungen direkt proportional zum Produkt der Ladungen und umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands zwischen ihnen ist. Wenn der Abstand zwischen den Ladungen verdoppelt wird, dann wird die Kraft um einen Faktor von 1/4 reduziert, Oder: wenn also der Abstand verdoppelt wird, ist die neue Kraft ein Viertel der ursprünglichen Kraft.

Die ganze Situation mathematischer dargestellt:  $F_a$  sei die Kraft, welche vor der Veränderung wirkt,  $F_b$  die Kraft nach der Veränderung.

- $F_a = k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2$
- $F_b = k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (2x)^2$   
 $= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (4x^2)$   
 $= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \cdot 1/4$   
 $= F_a \cdot 1/4$

### Aufgabe: Atom-21

Wirkt die Kraft zwischen einem Elektron und einem Proton anziehend oder abstossend?

#### Lösung:

Die beiden Teilchen haben von der Ladungsgrösse her gesehen die gleiche Ladung, jedoch sind diese Grössen vom Vorzeichen her gesehen entgegengesetzt. Protonen sind positiv geladen, Elektronen negativ. Daher ziehen sich diese beiden Teilchen an.

### Aufgabe: Atom-22

Wie ändert sich die Kraft zwischen zwei Teilchen, wenn die Ladung eines Teilchens verdreifacht wird? Die Ladung des anderen Teilchens bleibe gleich, ebenso bleibt der Abstand gleich.

#### Lösung:

Laut dem Coulomb-Gesetz ist die Kraft zwischen den Ladungen direkt proportional zum Produkt der Ladungen. Wenn die Ladung eines Teilchens verdreifacht wird, erhöht sich die Kraft zwischen den Teilchen um das Dreifache.

Die ganze Situation mathematischer dargestellt:  $F_a$  sei die Kraft, welche vor der Veränderung wirkt,  $F_b$  die Kraft nach der Veränderung.

$$\begin{aligned} \cdot F_a &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \\ \cdot F_b &= k \cdot 3 \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \\ &= 3 \cdot k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \\ &= 3 \cdot F_a \end{aligned}$$

### Aufgabe: Atom-23

Wie ändert sich die Kraft zwischen zwei Ladungen, wenn der Abstand zwischen ihnen halbiert wird? Die Ladung bleibe gleich.

#### Lösung:

Wenn der Abstand zwischen zwei Ladungen nach dem Coulombgesetz halbiert wird, erhöht sich die Kraft zwischen ihnen um das Vierfache. Dies liegt daran, dass die Kraft umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands ist. Daher, wenn der Abstand halbiert wird (Abstand wird zu  $1/2$ ), wird der Kehrwert des Quadrats dieses Bruchteils (also  $2^2 = 4$ ) die neue Kraft im Verhältnis zur ursprünglichen Kraft sein.

Die ganze Situation mathematischer dargestellt:  $F_a$  sei die Kraft, welche vor der Veränderung wirkt,  $F_b$  die Kraft nach der Veränderung.

$$\begin{aligned} \cdot F_a &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \\ \cdot F_b &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (0.5 \cdot x)^2 \\ &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (0.5^2 \cdot x^2) \\ &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (0.25 \cdot x^2) \\ &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \cdot 4 \\ &= 4 \cdot F_a \end{aligned}$$

### Aufgabe: Atom-24

Zwei Teilchen mit gleicher positiver Ladung werden voneinander entfernt. Wie verändert sich die abstossende Kraft, wenn der Abstand verdreifacht wird?

#### Lösung:

Bei gleichen Ladungen wirkt eine abstoßende Kraft. Nach dem Coulomb-Gesetz verringert sich diese Kraft umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands. Wenn der Abstand verdreifacht wird, reduziert sich die Kraft auf ein Neuntel.

Die ganze Situation mathematischer dargestellt:  $F_a$  sei die Kraft, welche vor der Veränderung wirkt,  $F_b$  die Kraft nach der Veränderung.

$$\begin{aligned} \cdot F_a &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \\ \cdot F_b &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (3x)^2 \\ &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (9 \cdot x^2) \\ &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \cdot 1/9 \\ &= F_a \cdot 1/9 \end{aligned}$$

### Aufgabe: Atom-25

Zwei Teilchen mit gleicher positiver Ladung werden voneinander entfernt. Wie verändert sich die Kraft, wenn der Abstand verdreifacht sowie die Ladung eines Teilchens vervierfacht wird?

**Lösung:**

Eine vierfache Ladung bewirkt eine vierfach stärkere Kraft. Wenn gleichzeitig aber noch der Abstand verdreifacht wird, so verändert sich aufgrund des Coulombschen Gesetzes die Anziehungskraft auf einen Neuntel und insgesamt hat man 4/9 der ursprünglichen Kraft.

Die ganze Situation mathematischer dargestellt:  $F_a$  sei die Kraft, welche vor der Veränderung wirkt,  $F_b$  die Kraft nach der Veränderung.

$$\begin{aligned} \cdot F_a &= k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \\ \cdot F_b &= k \cdot 4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (3x)^2 \\ &= k \cdot 4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 / (9 \cdot x^2) \\ &= k \cdot 4 \cdot Q_1 \cdot Q_2 / x^2 \cdot 1/9 \\ &= F_a \cdot 4/9 \end{aligned}$$

**Aufgabe: Atom-30**

Erkläre die Entstehung des Lichtes anhand des Bohrschen Atommodells

**Lösung:**

Noch nichts gemacht, siehe aber Unterricht

**Aufgabe: Atom-31**

Was sind Valenzelektronen?

**Lösung:**

Die Valenzelektronen sind diejenigen Elektronen, welche sich in der äussersten Schale befinden. Diese Anzahl kann aus dem Periodensystem entnommen werden, indem z.B. von links nach rechts gezählt wird. So weist z.B. Stickstoff 5 Valenzelektronen auf. Insgesamt hat es übrigens, da die Ordnungszahl 7 ist, 7 Protonen und somit im neutralen Zustand 7 Elektronen. Diese gesamte Zahl an Elektronen ist aber nicht zu verwechseln mit den Elektronen, welche sich nur in der äussersten Schale befinden: die Valenzelektronen.

**Aufgabe: Atom-32**

Wie nennt man die Elektronen in der letzten / äussersten Schale?

**Lösung:**

Das wären die Valenzelektronen.

**Aufgabe: Atom-33**

Gib bei allen folgenden Elementen an, wieviel

- Elektronen sie insgesamt haben
- Wieviele Valenzelektronen vorliegen

Atome: Kohlenstoff, Magnesium, Phosphor, Argon

**Lösung:**

- C: 6 e<sup>-</sup> insgesamt, Schalen n=1: 2e<sup>-</sup>, n=2: 4e<sup>-</sup>  
Valenzelektronen: 4
- Mg: 12 e<sup>-</sup> insgesamt, Schalen n=1: 2e<sup>-</sup>, n=2: 8e<sup>-</sup>, n=3: 2e<sup>-</sup>  
Valenzelektronen: 2
- P: 15 e<sup>-</sup> insgesamt, Schalen n=1: 2e<sup>-</sup>, n=2: 8e<sup>-</sup>, n=3: 5e<sup>-</sup>  
Valenzelektronen: 5
- Ar: 18 e<sup>-</sup> insgesamt, Schalen n=1: 2e<sup>-</sup>, n=2: 8e<sup>-</sup>, n=3: 8e<sup>-</sup>  
Valenzelektronen: 8

**Aufgabe: Atom-34**

Zeichne das bohrsche Atommodell für folgende Elemente: Fluor, Magnesium, Silicium.

Bei jedem Modell soll zusätzlich folgende Angaben gemacht werden:

- Anzahl Valenzelektronen
- Angabe der Valenzschale
- die Schale(n), welche zum Atomrumpf gehören
- Rumpfladung

**Lösung:**

noch zu tun

### Aufgabe: Atom-35

Wie lautet die komplette Elektronenkonfiguration folgender Elemente.

- a) C
- b) Stickstoff
- c) Cu
- d) Na<sup>+</sup>
- e) O<sup>2-</sup>
- f) Ca<sup>2+</sup>
- g) Ein Element mit 31 Elektronen

**Lösung:**

- a) C:  $6p, 6e^- \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^2$
- b) N:  $7p, 7e^- \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^3$
- c) Cu:  $29p, 29e^- \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$
- d) Na<sup>+</sup>:  $11p, 10e^- \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6$
- e) O<sup>2-</sup>:  $8p, 10e^- \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6$
- f) Ca<sup>2+</sup>:  $20, 18e^- \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- g)  $31e^- \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$

Hinweis: ein Blick auf ein PSE zeigt eventuell eine andere Elektronenkonfiguration. Kupfer weist üblicherweise folgende Elektronenkonfiguration auf:

Cu:  $29p, 29e^- \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$ . Die unterschiedliche Besetzung der äussersten Orbitale ( $d^{10}$ ) kommt aufgrund weiterer Betrachtungen der Orbitalenergien. Solche Überlegungen / Betrachtungen sind aber erst Gegenstand der Uni-ETH.

### Aufgabe: Atom-40

Wie viele Bindungen kann ein Wasserstoffatom eingehen?

**Lösung:**

Ein Wasserstoffatom hat ein Valenzelektron und kann somit genau eine Bindung eingehen. Für Profis: Mehrzentrenbindungen werden nicht behandelt. :-)

### Aufgabe: Atom-43

Lewis-Schreibweise: Wie werden die Elemente in der Lewis-Schreibweise dargestellt?

**Lösung:**

kein Text vorhanden, dafür Videosequenz

### Aufgabe: Atom-44

Einfachbindung: Zeichne die Moleküle H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (zwei unterschiedliche Varianten)

**Lösung:**

kein Text vorhanden, dafür Videosequenz

### Aufgabe: Atom-45

**Oktettregel (inklusive bindende - nicht bindende Elektronenpaare):** Wie kann aufgrund einer gezeichneten Struktur einfach und schnell entschieden werden, ob das Molekül prinzipiell korrekt ist?

**Lösung:**

kein Text vorhanden, dafür Videosequenz

### Aufgabe: Atom-46

Moleküle zeichnen II, Einfach- sowie Mehrfachbindung: Zeichne weitere Moleküle, auch mit Doppel- sowie Dreifachbindungen.

**Lösung:**

kein Text vorhanden, dafür Videosequenz

### Aufgabe: Atom-47

**Bindungswinkel:** Wie sollen die Moleküle gezeichnet werden, sodass die Bindungswinkel korrekt sind. Vorausgesetzt wird, dass das Zeichnen von Molekülen beherrscht wird.

#### Lösung:

kein Text vorhanden, dafür Videosequenz

### Aufgabe: Atom-48

**Formalladung:** Bestimmen der Formalladung in Molekülen.

#### Lösung:

kein Text vorhanden, dafür Videosequenz

### Aufgabe: Atom-49

Zeichne ein (!) neutrales Molekül mit total 5 Atomen, welches alle Winkel (180, 120, 109) ausweist. Erlaubt sind nur die Atome C, H, N und O

#### Lösung:

Lösungshinweis: die Abfolge der Atome lautet H-O-N=C=O

Aufgabe by Pablo

### Aufgabe: Atom-50

Wann muss man die Formalladung beachten und wann nicht? Oder wie bestimmt man überhaupt die Formalladung?

#### Lösung:

So kurz die Frage so lang die Antwort. Die Bestimmung der Formalladung bedarf der Klärung einiger Fragen:

- Situation A: Wie viele Valenzelektronen ("VE") haben alle beteiligten Atome wenn sie isoliert (ohne Bindung) sind. Kohlenstoff hat 4 VE, Stickstoff 5 VE, Wasserstoff 1 VE
- Situation B: Von der aktuellen Situation (Atome kovalent untereinander gebunden) wird eine Elektronenbilanz für jedes Atom erstellt: die nicht bindenden Elektronenpaare ergeben jeweils zwei Elektronen, jede kovalente Bindung gibt zur Elektronenbilanz jeweils ein Elektron.
- Nun werden beide Situationen A resp. B miteinander verglichen. Bilde nun die Differenz (der Elektronen) zwischen A und B, oder genauer: A-B. Das Resultat entspricht der Formalladung.
- **Beispiel:** Ozon, O-Atom aussen, rechts: A: 6, B: 6, A-B = 0, d.h. das das rechte O-Atom keine Formalladung aufweist. Mittleres Atom: A: 6, B: 5, A-B=+1, dh. dass das mittlere O-Atom hätte eine (einfache) positive Ladung. O-Atom links: A: 6, B:7, A-B=-1, d.h., dass das linke O-Atom einen (einfache) negative Ladung hätte.

### Aufgabe: Atom-51

Wie berechnet man die Elektronegativität?

#### Lösung:

Dieser Wert entspricht schlussendlich einem Verhalten (:Elektronen einer kovalenten Bindungen an sich zu ziehen) und wird experimentell bestimmt. Der höchste Wert findet man für das Element Fluor und wurde (mehr oder weniger) willkürlich auf den Wert 4.0 angesetzt. Der EN-Wert ist im Periodensystem angegeben. Für Kohlenstoff beträgt dieser Wert ca. 2.5. Die Werte können sich je nach Periodensystem geringfügig unterscheiden.

### Aufgabe: Atom-52

Wie erkennt man, ob ein Molekül polar ist oder nicht? Wann ist ein Molekül polar/ein Dipol? Oder: Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ein Dipol entsteht? Oder: Was bedeutet Dipol?

#### Lösung:

Im ersten Schritt geht es darum, das Molekül korrekt zu zeichnen, inklusive Bindungswinkel. Danach wird jede Bindung einzeln betrachtet und aufgrund der EN-Werte der beteiligten Atom die Polaritätsrichtung entschieden. Dies indem vom elektropositiveren Atom zum elektronegativeren Atom die Polaritätsrichtung definiert sei. Im dritten Schritt werden die gezeichneten Pfeile ("Vektoren") addiert. Ergibt eine resultierende Kraft, so weist das Molekül einen (permanenten) Dipol auf. Oder auch anders gesagt: es ist polar. Als Vereinfachung gelte, dass C-H Bindungen üblicherweise für die Entscheidung nicht beigezogen werden müssen, da die EN-Werte der C resp. H-Atome praktisch identisch sind.

### Aufgabe: Atom-53

Was bedeutet Dipol?

**Lösung:**

.. siehe Antwort zur ähnlichen Frage unter Atombau, Polarität bestimmen

**Aufgabe: Atom-60**

Im folgenden Text sollen die Lücken **a)** , **b)** , **c)** etc. sinnvoll gefüllt werden.

Im Diamantgitter ist jedes Kohlenstoffatom von **a)** weiteren Kohlenstoffatomen umgeben. Von jedem Atom gehen vier gleich lange **b)** aus. Daraus ergibt sich ein sehr regelmässiges stabiles Gitter. Die **c)** des Diamants beruht darauf, dass alle Aussenelektronen eines Kohlenstoffatoms des Diamanten durch Atombindungen miteinander verbunden sind. Da alle vier Kohlenstoffatome an den Atombindungen beteiligt sind, leitet ein Diamant nicht den **d)** .

Das Graphitgitter besteht aus vielen übereinanderliegenden **e)** . Jedes Atom ist mit **f)** gleich weit entfernten Atomen verbunden. Die Bindungswinkel betragen **g)** . Von jedem Atom sind dadurch drei Aussenelektronen in Bindungen festgelegt. Das vierte Elektron ist ähnlich wie bei Metallen über die ganze Schicht beweglich. Dies erklärt die gute **h)** des Graphits. Der Abstand zwischen den verschiedenen Schichten beträgt etwa das Zweieinhalbfache des Abstandes zwischen Atomen derselben Schicht. Die Schichten lassen sich leicht gegeneinander **i)** , Graphit ist deshalb **j)** .

**Lösung:**

- a) vier
- b) Atombindungen
- c) Härte
- d) elektrischen Strom
- e) Schichten
- f) drei
- g) 120 Grad
- h) elektrische Leitfähigkeit
- i) verschieben
- j) weich

**Aufgabe: Atom-61**

Fülle die Tabelle aus. Nutze dazu die folgenden Wörter und Angaben: keine, gut, schwarz, farblos, glänzend, schwer, leicht, durchsichtig, stark lichtbrechend, sehr hart, weich, 2.3 g/cm<sup>3</sup>, 3.5 g/cm<sup>3</sup>, ca. 3700°C schmilzt nicht, Elektroden, Schmuck, Bohr- und Schleifwerkzeug, Schmiermittel, Bleistiftminen

Eigenschaft	Diamant	Graphit
Aussehen		
Härte		
Spaltbarkeit		
elektrische Leitfähigkeit		
Dichte		
Schmelztemperatur		
Verwendung		

**Lösung:**

Eigenschaft	Diamant	Graphit
Aussehen	farblos / durchsichtig	schwarz - glänzend
Härte	sehr hart	weich
Spaltbarkeit	schwer	leicht
elektrische Leitfähigkeit	keine	gut
Dichte	3.5	2.3
Schmelztemperatur	schmilzt nicht	3700°C
Verwendung	Schmuck, Bohren	Schmiermittel, Elektroden, Bleistiftminen



## Thema: chemisches Gleichgewicht, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [GW-01](#) : Definitionen, Geschwindigkeiten
- Ab [GW-10](#) : Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtskonstante K
- Ab [GW-20](#) : Beeinflussung des Gleichgewichtes durch T und P
- Ab [GW-30](#) : Beeinflussung des Gleichgewichtes durch c
- Ab [GW-40](#) : Chatelier und gemische Aufgaben

### Aufgabe: GW-01

Welche Faktoren beeinflussen die Reaktionsgeschwindigkeit?

**Lösung:**

- Konzentration
- Temperatur
- Zerteilungsgrad
- Katalysator

### Aufgabe: GW-02

Wie ist das chemische Gleichgewicht definiert?

**Lösung:**

$v = dc / dt$  oder in Worten:

Die Veränderung einer Konzentration über die Zeit hinweg

### Aufgabe: GW-03

Gegeben sei eine beliebige Reaktion, die Edukte gehen über zu den Produkten.

- Wie sind ganz allgemein die Geschwindigkeitsraten definiert?
- Was gilt für die Edukte, was gilt für die Produkte?

**Lösung:**

a) Die Geschwindigkeitsrate ist definiert als die Veränderung der Konzentration über die Zeit, oder kurz:  $v = \Delta c / \Delta t$

noch kürzer:  $v = \Delta c / \Delta t$

Beachte, das  $v$  immer eine positive Grösse sein muss (Definition)

b) Aus der Definition ( $v$  muss positiv sein), ergibt sich somit:

$$v(\text{Edukte}) = - \Delta(\text{Edukte})/\Delta t = -d[\text{Edukte}]/dt$$

$$v(\text{Produkte}) = + \Delta(\text{Produkte})/\Delta t = +d[\text{Produkte}]/dt$$

### Aufgabe: GW-04

Gegeben seien nachfolgende Reaktionen. Gleiche jede Reaktion aus, sodass ...

... ganze (!) Zahlen als Koeffizienten vorkommen

... für jede Substanz ihre Geschwindigkeitsrate ( $d[X]/dt$ ) angegeben wird.

- $\text{Br}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{HBr}$
- $\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$
- $\text{A} + 2 \text{B} \rightarrow 3 \text{C} + 4 \text{D}$  (schon ausgeglichen!)

**Lösung:**

a)  $\text{Br}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HBr}$

$$-d[\text{Br}_2]/dt = -d[\text{H}_2]/dt = + 1/2 \cdot d[\text{HBr}]/dt$$

b)  $2 \cdot \text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4 \cdot \text{NO}_2 + 1 \cdot \text{O}_2$

$$-1/2 \cdot d[\text{N}_2\text{O}_5]/dt = + 1/4 \cdot d[\text{NO}_2]/dt = + d[\text{O}_2]/dt$$

c)  $\text{A} + 2 \cdot \text{B} \rightarrow 3 \cdot \text{C} + 4 \cdot \text{D}$

$$-d[\text{A}]/dt = -1/2 \cdot d[\text{B}]/dt = + 1/3 \cdot d[\text{C}]/dt = + 1/4 \cdot d[\text{D}]/dt$$

### Aufgabe: GW-05

Gegeben seien folgende Edukte. Gib an, wieviele (theoretische) Kollisionen es geben könnte zwischen den Edukten.

Es gilt die Annahme, dass die Reaktionsgeschwindigkeit  $v$  proportional zu den Anzahl der Kollisionen sei. Desweiteren gilt, dass alle Edukteilchen miteinander reagieren müssen

- a)  $A + B$
- b)  $A, B, D$
- c)  $F, G, X, Z$
- d)  $2A + B$
- e)  $3A + 2B$

**Lösung:**

- a) Anzahl Kollisionen proportional zu  $c(A) \cdot c(B)$
- b)  $v \propto c(A) \cdot c(B) \cdot c(D)$
- c)  $v \propto c(F) \cdot c(G) \cdot c(X) \cdot c(Y)$
- d)  $v \propto c(A) \cdot c(A) \cdot c(B) = c^2(A) \cdot c(B)$
- e)  $v \propto c(A) \cdot c(A) \cdot c(A) \cdot c(B) \cdot c(B) = c^3(A) \cdot c^2(B)$

#### Aufgabe: GW-06

Um welchen Faktor  $x$  steigt der Anteil der Moleküle, welche eine Energie von  $E_a$  aufweisen, bei einer Temperaturerhöhung um 10 Kelvin?

Diverse Hinweise:

- Der Zusammenhang zwischen der Temperatur und  $k$  (gesuchter Wert bei einer bestimmten Temperatur) ergibt sich mit folgender Arrhenius-Gleichung:
- $k = A \cdot e^{(-E_a/R \cdot T)}$
- $A$  Konstante, charakteristisch für die jeweilige Reaktion
- $E_a$ , Aktivierungsenergie, 100 kJ/mol, typischer Wert für viele Reaktionen
- $R$ : Gaskonstante, 8.314 J/(mol·K)

**Lösung:**

- Die Temperaturerhöhung betrage 10 Kelvin. Es wird (willkürlich) angenommen, dass  $T_1$  z.B. 300K und  $T_2$  310 K seien
- $k(T=300K) = A \cdot 3.87 \cdot 10^{-18}$
- $k(T=310K) = A \cdot 1.41 \cdot 10^{-17}$
- Verhältnis  $k(T=310K)/k(T=300K) = 3.7$

Der berechnete Wert von ca. 4 (genau 3.7) entspricht genau der RGT-Regel, welche besagt, dass bei einer Temperaturerhöhung um 10 Grad (oder 10 Kelvin) die Reaktionsgeschwindigkeit sich um den Faktor 2-3 erhöht. Dies entspricht nicht genau der Prognose von 3.7, kann aber durch nicht erfolgreiche Stösse (Anordnung der Moleküle) erklärt werden.

#### Aufgabe: GW-10

Gegeben sei eine chemische Reaktion, die Edukte gehen also über zu den Produkten. Definiere hierfür die Gleichgewichtskonstante  $K$ .

**Lösung:**

Es gilt: Edukte  $\rightleftharpoons$  Produkte

$K = [\text{Produkte}]/[\text{Edukte}]$ ; Einheit: [mol/L]/[mol/L]

Je nach Reaktion kann es sein, dass sich die Einheiten weggürzen.

#### Aufgabe: GW-11

Welche drei Bereichswerte kann die Gleichgewichtskonstante  $K$  annehmen und wie können diese Bereiche interpretiert werden?

Es gelte: Edukte  $\rightleftharpoons$  Produkte

**Lösung:**

Es gilt  $K = [\text{Produkte}]/[\text{Edukte}]$

Je nachdem wie gross die Konzentrationen sind, können drei Bereiche erreicht werden:

- $0 < K < 1$ ; das heisst, dass  $[\text{Produkte}] < [\text{Edukte}]$   
Das Gleichgewicht liegt auf der Seite der Edukte
- $K > 1$ ; das heisst, dass  $[\text{Produkte}] > [\text{Edukte}]$   
Das Gleichgewicht liegt auf der Seite der Produkte
- $K = 1$ ; das heisst, dass  $[\text{Produkte}] = [\text{Edukte}]$   
Weder die Edukte noch die Produkte liegen in der Mehrheit vor, das GW ist ausgeglichen

#### Aufgabe: GW-12

Gegeben seien nachfolgende Reaktionen. Gleiche diese nötigenfalls aus und definiere für jede (ausgeglichene) Reaktion das

Massenwirkungsgesetz.

Hinweis 1: Vergiss die Einheiten nicht und kürze soweit wie möglich

Hinweis 2: Verwende für das Ausgleichen ganze Zahlen, keine Brüche

- a)  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$
- b)  $\text{Br}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{HBr}$
- c)  $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_3$
- d)  $\text{N}_2\text{O}_5 \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{O}_2$
- e)  $\text{A} + 2 \text{B} \rightleftharpoons 3 \text{C} + 4 \text{D}$  (schon ausgeglichen!)
- f)  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- g)  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- h)  $\text{Fe} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3$
- i)  $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_3$
- j)  $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- k)  $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$
- l)  $\text{KClO}_3 \rightleftharpoons \text{KCl} + \text{O}_2$
- m)  $\text{Zn} + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
- n)  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightleftharpoons \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$

**Lösung:**

- a)  $2 \cdot \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 $K = \frac{c^2(\text{H}_2\text{O})}{c^2(\text{H}_2) \cdot c(\text{O}_2)}$   
 Einheit:  $(\text{mol/l})^2 / ((\text{mol/l})^2 \cdot (\text{mol/l})) = 1/(\text{mol/l}) = \text{l/mol}$
- b)  $\text{Br}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HBr}$   
 $K = \frac{c^2(\text{HBr})}{c(\text{Br}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$   
 Einheit:  $(\text{mol/l})^2 / (\text{mol/l} \cdot \text{mol/l})$   
 Einheiten kürzen sich weg
- c)  $1 \cdot \text{N}_2 + 3 \cdot \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NH}_3$   
 $K = \frac{c^2(\text{NH}_3)}{c(\text{N}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^2 / (\text{mol/l})^4 = (\text{l/mol})^2$
- d)  $2 \cdot \text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4 \cdot \text{NO}_2 + 1 \cdot \text{O}_2$   
 $K = \frac{c^4(\text{NO}_2) \cdot c(\text{O}_2)}{c^2(\text{N}_2\text{O}_5)}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^2$
- e)  $\text{A} + 2 \text{B} \rightleftharpoons 3 \text{C} + 4 \text{D}$  (schon ausgeglichen!)  
 $K = \frac{c^3(\text{C}) \cdot c^4(\text{D})}{c(\text{A}) \cdot c^2(\text{B})}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^4$
- f)  $2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2$   
 $K = \frac{c^2(\text{H}_2\text{O}) \cdot c(\text{O}_2)}{c^2(\text{H}_2\text{O}_2)}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^3 / (\text{mol/l})^2 = (\text{mol/l})$
- g)  $\text{CH}_4 + 2 \cdot \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $K = \frac{c(\text{CO}_2) \cdot c^2(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CH}_4) \cdot c^2(\text{O}_2)}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^3 / (\text{mol/l})^3 = 1$
- h)  $4 \cdot \text{Fe}(\text{s}) + 3 \cdot \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$   
 $K = \frac{c^2(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{c^4(\text{Fe}) \cdot c^3(\text{O}_2)}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^2 / (\text{mol/l})^7 = (\text{mol/l})^{(-5)} = (\text{l/mol})^5$
- i)  $\text{N}_2 + 3 \cdot \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NH}_3$   
 $K = \frac{c^2(\text{NH}_3)}{c(\text{N}_2) \cdot c^3(\text{H}_2)}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^2 / (\text{mol/l})^4 = (\text{mol/l})^{(-2)} = (\text{l/mol})^2$
- j)  $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightleftharpoons \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $K = \frac{c(\text{NaCl}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{HCl}) \cdot c(\text{NaOH})}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^2 / (\text{mol/l})^2 = 1$
- k)  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2$   
 $K = \frac{c(\text{CaO}) \cdot c(\text{CO}_2)}{c(\text{CaCO}_3)}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^2 / (\text{mol/l}) = (\text{mol/l})$
- l)  $2 \cdot \text{KClO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{KCl}(\text{s}) + 3 \cdot \text{O}_2$   
 $K = \frac{c^2(\text{KCl}) \cdot c^3(\text{O}_2)}{c^2(\text{KClO}_3)}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^5 / (\text{mol/l})^2 = (\text{mol/l})^3$
- m)  $\text{Zn}(\text{s}) + 2 \cdot \text{HCl} \rightleftharpoons \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$   
 $K = \frac{c(\text{ZnCl}_2) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{Zn}) \cdot c^2(\text{HCl})}$   
 Einheiten:  $(\text{mol/l})^2 / (\text{mol/l})^3 = (\text{mol/l})^{(-1)} = (\text{l/mol})$
- n)  $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightleftharpoons \text{AgCl}(\text{s}) + \text{NaNO}_3$

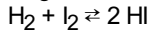
$$K = (c(\text{AgCl}) \cdot c(\text{NaNO}_3)) / (c(\text{AgNO}_3) \cdot c(\text{NaCl}))$$

$$\text{Einheiten: } (\text{mol/l})^2 / (\text{mol/l})^2 = 1$$

Einheiten kürzen sich weg

### Aufgabe: GW-13

Gegeben sei das Iod-Wasserstoff-Gleichgewicht:



Löse die folgenden Aufgaben. Die Angabe 't=0' soll heissen, dass die Startsituation betrachtet wird, 't=GW' dass das System sich nun im Gleichgewicht befindet. Ebenso sind die Angaben z.B. bei  $\text{H}_2$  als Konzentrationen (mol/l) zu verstehen.

Hinweis: bei d) soll zusätzlich K berechnet werden.

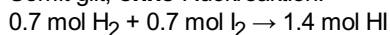
Hinweis: bei e) sei noch zusätzlich  $K=54.5$  gegeben.

		$\text{H}_2$	$\text{I}_2$	HI
a)	t=0	1.0	1.0	0
	t=GW	0.3	?	?
b)	t=0	2.0	1.0	0
	t=GW	1.5	?	?
c)	t=0	3.0	0	0
	t=GW	2	?	?
d)	t=0	9.32	8.05	0
	t=GW	?	?	13.5
e)	t=0	0	0	0.015
	t=GW	?	?	?

### Lösung:

- a) Verbrauch von  $\text{H}_2$ :  $1.0 \text{ mol} - 0.3 \text{ mol} = 0.7 \text{ mol}$

Somit gilt, **ohne** Rückreaktion:

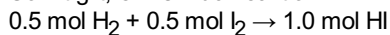


Für das GW gilt also:

$$c(\text{H}_2) = 0.3 \text{ mol}, c(\text{I}_2) = 0.3 \text{ mol}, c(\text{HI}) = 1.4 \text{ mol}$$

- b) Verbrauch von  $\text{H}_2$ :  $0.5 \text{ mol}$

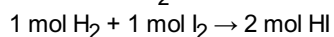
Somit gilt, **ohne** Rückreaktion:



Für das GW gilt also:

$$c(\text{H}_2) = 1.5 \text{ mol}, c(\text{I}_2) = 0.5 \text{ mol}, c(\text{HI}) = 1 \text{ mol}$$

- c) Verbrauch von  $\text{H}_2$ :  $1.0 \text{ mol}$

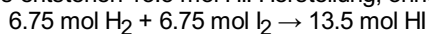


Für das GW gilt also:

$$c(\text{H}_2) = 2 \text{ mol}, c(\text{I}_2) = -1 \text{ mol}, c(\text{HI}) = 2 \text{ mol}$$

ABER:  $c(\text{I}_2) = -1 \text{ mol}$  macht keine Sinn, oder mit anderen Worten: Reaktion nicht möglich, da beim Start gar kein I in irgendeiner Form vorhanden ist, also weder als  $\text{I}_2$  noch als HI.

- d) Es entstehen  $13.5 \text{ mol HI}$ . Herstellung, ohne Rückreaktion:



Für das GW gilt also:

$$c(\text{H}_2) = 2.57 \text{ mol}, c(\text{I}_2) = 1.3 \text{ mol}, c(\text{HI}) = 13.5 \text{ mol}$$

$$K = \frac{c^2(\text{HI})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{I}_2)} = \frac{13.5^2}{(2.57 \cdot 1.3)} = 54.5$$

- e) Es gelte, z.B.:  $x$  sei Anzahl  $\text{H}_2$

Somit gilt:  $2 \cdot \text{Anzahl}(\text{H}_2) = \text{Anzahl}(\text{HI})$

Für das GW gilt also:

$$c(\text{H}_2) = 0+x \text{ mol}, c(\text{I}_2) = 0+x \text{ mol}, c(\text{HI}) = (0.015-2x) \text{ mol}$$

$$K = 54.5 = \frac{(0.015-2x)^2}{(x \cdot x)}$$

$$x_1 = -0.0027 \text{ (Lösung macht chemisch keinen Sinn)}$$

$$x_2 = 0.0015987$$

Für das GW gilt also:

$$c(\text{H}_2) = 0.0015987 \text{ mol}, c(\text{I}_2) = 0.0015987 \text{ mol}, c(\text{HI}) = 0.011803 \text{ mol}$$

### Aufgabe: GW-14

Gegeben sei folgende Reaktion, alle Substanzen seien gasförmig:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$

Welche Stoffmenge  $\text{H}_2$  wird gebildet, wenn mit  $20 \text{ mol CO}$ ,  $30 \text{ mol H}_2\text{O}$  sowie  $3 \text{ mol CO}_2$  gestartet wird.  $K$  betrage  $4.05$

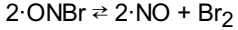
**Lösung:**

	CO	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
t=0	20	30	3	0
t=GW	20-x	30-x	3+x	x

- Es gilt:  $K = 4.05 = \frac{((3+x) \cdot x)}{((20-x) \cdot (30-x))}$
- $x_1 = 15.3$  ;  $x_2 = 52$
- Chemisch sinnvoll ist nur  $x_1$
- Im Gleichgewicht befinden sich also 15.3 mol H<sub>2</sub>

**Aufgabe: GW-15**

Die Substanz ONBr zerfällt bei 500 °C folgendermassen:



Angenommen, dass nur 9 Prozent des ONBr zerfallen. Wie gross ist K, wenn nur mit 1.0 mol ONBr begonnen wird?

**Lösung:**

- Start mit 9 Prozent von 1.0 mol ONBr: 0.09 mol
- ONBr zerfällt, also keine Rückreaktion.
- $0.09 \text{ mol ONBr} \rightarrow 0.09 \text{ mol NO} + 0.09/2 \text{ mol Br}_2$
- Im GW gilt also:
- $c(\text{ONBr}) = 0.91 \text{ mol}$ ,  $c(\text{NO}) = 0.09 \text{ mol}$ ,  $c(\text{Br}_2) = 0.045 \text{ mol}$
- $K = \frac{c^2(\text{NO}) \cdot c(\text{Br}_2)}{c^2(\text{ONBr})} = \frac{0.09^2 \cdot 0.045}{(0.91)^2} = 4.4 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$

**Aufgabe: GW-16**

Formuliere das MWG (inklusive Einheiten) für die Bildung von a) Wasser sowie b) NH<sub>3</sub> aus den Elementen.

**Lösung:**

- a)  $2 \cdot \text{H}_2 + 1 \cdot \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 $K = \frac{c^2(\text{H}_2\text{O})}{(c^2(\text{H}_2) \cdot c^1(\text{O}_2))} \text{ [L/mol]}$
- b)  $3 \cdot \text{H}_2 + 1 \cdot \text{N}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NH}_3$   
 $K = \frac{c^2(\text{NH}_3)}{(c^3(\text{H}_2) \cdot c^1(\text{N}_2))} \text{ [(mol/L)^{-2}]}$

**Aufgabe: GW-17**

Folgende allgemein formulierte Gleichung sei gegeben. Formuliere die Gleichgewichtskonstante K.  
 $1 \cdot A + 2 \cdot B \rightleftharpoons 3 \cdot C + 4 \cdot D$  Zum Zeitpunkt betrage die Konzentration:  $c(A)=a$ ,  $c(B)=b$ ,  $c(C)=c$ ,  $c(D)=d$  Formuliere die Gleichgewichtskonstante K für den Fall, dass das Gleichgewicht ...

- a) ... nach rechts verschoben wird.  
 b) ... nach links verschoben wird.  
 Hinweis: nimm an, dass die Veränderung zum Gleichgewicht von A x sei.

**Lösung:**

Aufgrund  $1 \cdot A + 2 \cdot B \rightleftharpoons 3 \cdot C + 4 \cdot D$  gilt folgendes:  
 Anzahl(A) = 1/2 · Anzahl(B) resp. 2 · Anzahl(A) = Anzahl(B)  
 Anzahl(A) = 1/3 · Anzahl(C)  
 Anzahl(A) = 1/4 · Anzahl(D)

	1·A	2·B	⇌	3·C	4·D
t=0	a	b		c	d
a)	a-x	b-2x		c+3x	d+4x
b)	a+x	b+2x		c-3x	d-4x
				x	

- Somit ergibt sich für ...
- a)  $K = \frac{(c+3x)^3 \cdot (d+4x)^4}{(a-x)^1 \cdot (b-2x)^2}$   
 b)  $K = \frac{(c-3x)^3 \cdot (d-4x)^4}{(a+x)^1 \cdot (b+2x)^2}$

**Aufgabe: GW-20**

Wie lässt sich das chemische Gleichgewicht durch die Temperatur beeinflussen?

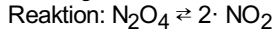
**Lösung:**

Prinzipiell gilt es zu unterscheiden, ob es sich um eine exotherme oder endotherme Reaktion handelt.

- Bei einer exothermen Reaktion muss die Reaktion gekühlt werden um möglichst viel Produkt zu erhalten.
- Eine endotherme Reaktion muss erwärmt werden, um möglichst viel Produkt zu erhalten.

**Aufgabe: GW-21**

Gegeben sei folgende Reaktion. Beurteile ob die Reaktion zum Produkt hin endotherm oder exotherm wäre. Nimm an, dass bloss der Bindungsbruch zwischen den Stickstoffatomen in Betracht gezogen werden müsste.



**Lösung:**

Es muss ein Bindungsbruch zwischen den Stickstoffatomen realisiert, dieser Bruch (!), also das Brechen einer Bindung, braucht Energie. Somit ist die Reaktion von den Edukten hin zum Produkt endotherm und umgekehrt.

**Aufgabe: GW-22**

Gegeben seien folgende Reaktionen. Wie lässt sich das Gleichgewicht bei einer Temperaturerhöhung ( $T \uparrow$ ) respektive bei Temperatursenkung ( $T \downarrow$ ) beeinflussen, wenn jeweils angegeben ist, ob die Reaktion endotherm oder exotherm ist.

- a)  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NO}_2(\text{g})$  endotherme Reaktion
- b)  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \cdot \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NH}_3(\text{g})$  exotherme Reaktion
- c)  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  endotherme Reaktion
- d)  $2 \cdot \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{SO}_3(\text{g})$  exotherme Reaktion
- e)  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  endotherme Reaktion
- f)  $\text{CO}(\text{g}) + 2 \cdot \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  exotherme Reaktion
- g)  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$  endotherme Reaktion
- h)  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$  exotherme Reaktion
- i)  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3 \cdot \text{H}_2(\text{g})$  endotherme Reaktion
- j)  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HCl}(\text{g})$  exotherme Reaktion
- k)  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NO}(\text{g})$  endotherme Reaktion
- l)  $2 \cdot \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NO}_2(\text{g})$  exotherme Reaktion

**Lösung:**

- a)  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NO}_2(\text{g})$  endotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr NO}_2, \text{weniger N}_2\text{O}_4$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{mehr N}_2\text{O}_4, \text{weniger NO}_2$
- b)  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \cdot \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NH}_3(\text{g})$  exotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{weniger NH}_3, \text{mehr N}_2 + \text{H}_2$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr NH}_3, \text{weniger N}_2 + \text{H}_2$
- c)  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  endotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr CaO} + \text{CO}_2, \text{weniger CaCO}_3$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{mehr CaCO}_3, \text{weniger CaO} + \text{CO}_2$
- d)  $2 \cdot \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{SO}_3(\text{g})$  exotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{weniger SO}_3, \text{mehr SO}_2 + \text{O}_2$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr SO}_3, \text{weniger SO}_2 + \text{O}_2$
- e)  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  endotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr PCl}_3 + \text{Cl}_2, \text{weniger PCl}_5$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{mehr PCl}_5, \text{weniger PCl}_3 + \text{Cl}_2$
- f)  $\text{CO}(\text{g}) + 2 \cdot \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  exotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{weniger CH}_3\text{OH}, \text{mehr CO} + \text{H}_2$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr CH}_3\text{OH}, \text{weniger CO} + \text{H}_2$
- g)  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$  endotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr NH}_3 + \text{HCl}, \text{weniger NH}_4\text{Cl}$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{mehr NH}_4\text{Cl}, \text{weniger NH}_3 + \text{HCl}$
- h)  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$  exotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{weniger C}_2\text{H}_6, \text{mehr C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr C}_2\text{H}_6, \text{weniger C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$
- i)  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3 \cdot \text{H}_2(\text{g})$  endotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr CO} + \text{H}_2, \text{weniger CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{mehr CH}_4 + \text{H}_2\text{O}, \text{weniger CO} + \text{H}_2$

- j)  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HCl}(\text{g})$  exotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{weniger HCl, mehr H}_2 + \text{Cl}_2$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr HCl, weniger H}_2 + \text{Cl}_2$
- k)  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NO}(\text{g})$  endotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr NO, weniger N}_2 + \text{O}_2$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{mehr N}_2 + \text{O}_2, \text{weniger NO}$
- l)  $2 \cdot \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NO}_2(\text{g})$  exotherme Reaktion  
 $T \uparrow \rightarrow \text{GW links} \rightarrow \text{weniger NO}_2, \text{mehr NO} + \text{O}_2$   
 $T \downarrow \rightarrow \text{GW rechts} \rightarrow \text{mehr NO}_2, \text{weniger NO} + \text{O}_2$

### Aufgabe: GW-25

Rund um die Beeinflussung des chemischen GW durch den Druck.

- a) Damit das chemische Gleichgewicht durch den Druck beeinflusst werden kann, muss eine grundlegende Eigenschaft der Edukte sowie Produkte vorliegen. Welche? Und weshalb?  
 b) Wie verändert sich das GW bei einer Druckerhöhung?  
 c) Wie verändert sich das GW bei einer Druckerniedrigung?

### Lösung:

- a) Eine Druckänderung hat nur bei Gasen eine beobachtbare Wirkung, da Flüssigkeiten und Feststoffe sich nicht in ihrem Volumen verändern. Der Grund liegt darin zu finden, dass die Atome (resp. Moleküle) bei Flüssigkeiten und Feststoffen ihren Abstand zueinander nicht mehr fest verändern können.  
 b) Dies begünstigt die Seite mit weniger Gasteilchen.  
 c) Dies begünstigt die Seite mit mehr Gasteilchen.

### Aufgabe: GW-26

Gegeben seien jeweils folgende Reaktionen inklusive Hinweise auf den Aggregatzustand. Wie verändert sich das Gleichgewicht bei ... Erhöhung des Drucks ( $p \uparrow$ ), Senken des Druckes ( $p \downarrow$ )

- a)  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$   
 b)  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \cdot \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NH}_3(\text{g})$   
 c)  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NO}(\text{g})$   
 d)  $2 \cdot \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{SO}_3(\text{g})$   
 e)  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$   
 f)  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g})$   
 g)  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$   
 h)  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + 3 \cdot \text{H}_2(\text{g})$   
 i)  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HI}(\text{g})$   
 j)  $\text{CO}(\text{g}) + 2 \cdot \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$   
 k)  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$   
 l)  $2 \cdot \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s})$   
 m)  $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) + 3 \cdot \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}(\text{l})$   
 n)  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NaHCO}_3(\text{s})$   
 o)  $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 p)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CuSO}_4(\text{s}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 q)  $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$   
 r)  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

### Lösung:

- a)  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2$   
 $p \uparrow \text{GW} \leftarrow$   
 $p \downarrow \text{GW} \rightarrow$
- b)  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \cdot \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NH}_3(\text{g})$   
 $p \uparrow \text{GW} \rightarrow$   
 $p \downarrow \text{GW} \leftarrow$
- c)  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NO}(\text{g})$   
 keine Beeinflussung durch den Druck möglich
- d)  $2 \cdot \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \cdot \text{SO}_3(\text{g})$   
 $p \uparrow \text{GW} \rightarrow$   
 $p \downarrow \text{GW} \leftarrow$
- e)  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$   
 $p \uparrow \text{GW} \leftarrow$   
 $p \downarrow \text{GW} \rightarrow$

- f)  $\text{NH}_4\text{Cl(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_3\text{(g)} + \text{HCl(g)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \leftarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \rightarrow$
- g)  $\text{CaCO}_3\text{(s)} \rightleftharpoons \text{CaO(s)} + \text{CO}_2\text{(g)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \leftarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \rightarrow$
- h)  $\text{CH}_4\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + 3 \cdot \text{H}_2\text{(g)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \leftarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \rightarrow$
- i)  $\text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HI(g)}$   
keine Beeinflussung durch den Druck möglich
- j)  $\text{CO(g)} + 2 \cdot \text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \rightarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \leftarrow$
- k)  $\text{C}_2\text{H}_4\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6\text{(g)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \rightarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \leftarrow$
- l)  $2 \cdot \text{CO(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{C(s)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \rightarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \leftarrow$
- m)  $\text{C}_6\text{H}_6\text{(l)} + 3 \cdot \text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}\text{(l)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \rightarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \leftarrow$
- n)  $\text{Na}_2\text{CO}_3\text{(s)} + \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NaHCO}_3\text{(s)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \rightarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \leftarrow$
- o)  $\text{NH}_4\text{HCO}_3\text{(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_3\text{(g)} + \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \leftarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \rightarrow$
- p)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O(s)} \rightleftharpoons \text{CuSO}_4\text{(s)} + 5\text{H}_2\text{O(g)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \leftarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \rightarrow$
- q)  $\text{AgCl(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+\text{(aq)} + \text{Cl}^-\text{(aq)}$   
keine Beeinflussung durch den Druck möglich
- r)  $\text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O(g)}$   
 $p \uparrow \text{ GW} \leftarrow$   
 $p \downarrow \text{ GW} \rightarrow$

### Aufgabe: GW-30

Rund um die Beeinflussung des chemischen GW durch die Veränderung der Konzentration.

- Wie kann die Gleichgewichtskonstante K durch eine Veränderung der Konzentration der Edukte resp. Produkte beeinflusst werden? Annahme: p und T bleiben konstant.
- Angenommen, die Eduktkonzentration wird (im Gleichgewicht) Edukt(e) erhöht. Was passiert?
- Angenommen, bei einer Reaktion wird ein Teil (oder komplett) des Produktes entfernt. Was passiert?

### Lösung:

- K kann **nicht** durch eine Konzentrationsänderung beeinflusst werden. Die Gleichgewichtskonstante K ist also konzentrations**un**abhängig!
- Das zusätzliche Edukte wird abgebaut zu Produkt. Somit wird also die Menge an Produkt erhöht, die Ausbeute verbessert sich.
- Durch das Entfernen des Produktes wird das Produkt wieder nachgebildet, die Ausbeute verbessert sich also wiederum.

### Aufgabe: GW-31

Gegeben sei nachfolgende Reaktion:



Das Produkt ist tiefrot, das Edukt gelblich

Wie verändert sich die das Gleichgewicht resp. die Farbe der Lösung bei

- Zugabe von  $\text{FeCl}_3$
- Zugabe von KSCN

### Lösung:

- Durch die Zugabe von  $\text{FeCl}_3$  (resp.  $\text{Fe}^{3+}$ ) wird der Reaktion zusätzliche  $\text{Fe}^{3+}$  gegeben. Gemäss Chatelier wird dies aber wieder abgebaut und das GW verschiebt sich zur Produktseite. Dies kann auch experimentell beobachtet werden: die Lösung verfärbt sich tiefrot

- b) Analog wie die Zugabe von  $\text{FeCl}_3$  : weil der Reaktion mehr  $\text{SCN}^-$  zugeführt wird, wird diesselbes wieder abgebaut, das GW verschiebt sich wieder zur Produktseite, die Lösung verfärbt sich tiefrot.

#### Aufgabe: GW-40

Wie lautet das Prinzip von Chatelier ?

#### Lösung:

Kurz und prägnant: Flucht vor dem Zwang. Oder genauer:

Jede Störung eines chemischen Gleichgewichtes durch die Änderung der äusseren Bedingungen führt zu einer Verschiebung des Gleichgewichtes, die der Störung entgegenwirkt.

#### Aufgabe: GW-41

Wie wirken sich folgende Reaktionsbedinungen aus ? Ergänze / korrigiere folgende Aussagen:

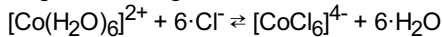
- Eine Temperaturerhöhung begünstigt eine endotherme - exotherme Reaktion.
- Eine Verringerung der Temperatur begünstigt eine endotherme - exotherme Reaktion.
- Eine Druckerhöhung begünstigt Gasreaktionen, die unter Volumenabnahme - Volumenzunahme verlaufen
- Eine Druckverringernug begünstigt Gasreaktionen, die unter Volumenabnahme - Volumenzunahme verlaufen
- Eine Erhöhung der Ausbeute einer Reaktion kann durch Einsatz eines Edukte - Produkte im Überschuss oder durch Entfernen eines Eduktes - Produktes aus dem Gleichgewicht realisiert werden.
- Eine Katalysator beeinflusst die Lage eines chemischen Gleichgewichtes

#### Lösung:

- Eine Temperaturerhöhung begünstigt eine **endotherme** Reaktion.
- Eine Verringerung der Temperatur begünstigt eine **exotherme** Reaktion.
- Eine Druckerhöhung begünstigt Gasreaktionen, die unter **Volumenabnahme** verlaufen
- Eine Druckverringernug begünstigt Gasreaktionen, die unter **Volumenzunahme** verlaufen
- Eine Erhöhung der Ausbeute einer Reaktion kann durch Einsatz eines **Eduktes** im Überschuss oder durch Entfernen eines **Produktes** aus dem Gleichgewicht realisiert werden.
- Eine Katalysator beeinflusst die Lage eines chemischen Gleichgewichtes **nicht**.

#### Aufgabe: GW-42

Gegeben sei folgende Reaktion:



Der Wasserkomplex ist rosa farben, der Chloridkomplex blau

Die Reaktion sei endotherm von links nach rechts.

Wie verhält sich die Reaktion nach folgenden Wie wirken sich folgende Reaktionsbedinungen aus ?

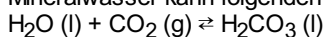
- Zugabe von Salzsäure, HCl
- Silbernitratzugabe
- Mischung erhitzen
- Wasser zugeben
- Kochsalz zugeben

#### Lösung:

- Zugabe von HCl, resp.  $\text{Cl}^-$   
GW verschiebt sich nach rechts ( $\rightarrow$ ), wird blauer
- Silbernitratzugabe:  $\text{AgNO}_3$   
 $\text{Ag}^+$  bindet sehr stark freie  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Cl}^-$  wird dem GW entzogen.  
GW verschiebt sich nach links ( $\leftarrow$ ), wird rosa
- Mischung erhitzen  
Von links nach rechts eine endotherme Reaktion, wird durch Temperaturerhöhung gefördert  
GW verschiebt sich nach rechts ( $\rightarrow$ ), wird blau
- Wasser zugeben  
GW verschiebt sich nach links ( $\leftarrow$ ), wird rosa
- Kochsalz zugeben  
zusätzliches  $\text{Cl}^-$   
GW verschiebt sich nach rechts ( $\rightarrow$ ), wird blauer

#### Aufgabe: GW-43

Mineralwasser kann folgendermassen hergestellt werden:



Erkläre mit Chatelier, wieso eine offene Mineralwasserflasche über die Zeit hinweg schal, langweilig wird und am Schluss nur noch

Wasser vorhanden ist.

**Lösung:**

Gemäss Reaktionsgleichung zerfällt Kohlensäure ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) zu Wasser und Kohlendioxid, welches gasförmig ist und somit dem System entweicht.

Dieses  $\text{CO}_2$  wird wieder gemäss Chatlier wieder nachgeliefert, indem  $\text{H}_2\text{CO}_3$  zerfällt. Am Schluss bleibt also nur noch das Wasser übrig.

**Aufgabe: GW-44**

Bei 25 °C hat sich ein Gleichgewicht eingestellt. Wenn die Reaktion nun auf 0 °C gekühlt wird, steigt die Konzentration des Produktes.

Frage: Ist die Hinreaktion ( $\rightarrow$ ) endotherm oder exotherm ?

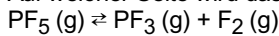
Bsp.  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$

**Lösung:**

Wenn die Temperatur gesenkt wird, wird gemäss Chatlier die exotherme Reaktion bevorzugt resp. begünstigt. Somit kann gesagt werden, dass die Hinreaktion (also von A und B zu C) exotherm sein muss.

**Aufgabe: GW-45**

Auf welcher Seite wird das GW verschoben, wenn das Reaktionsgefäss expandiert wird ? Die Reaktion sei:



**Lösung:**

Bei einer Expansion (Vergrößerung des Reaktionsraumes) wird der Druck verkleinert. Das System reagiert darauf, indem es probiert, dies wieder zu kompensieren, indem die Reaktion auf die Seite verschoben wird, welche aus mehr Teilchen besteht. In diesem Fall wird die Reaktion auf die rechte Seite ( $\text{GW} \rightarrow$ ) verschoben.

**Aufgabe: GW-46**

Gegeben sei die Reaktion:  $1 \cdot \text{A}(\text{g}) + 1 \cdot \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 1 \cdot \text{C}(\text{g})$ . Die Synthese des Produktes sei exotherm.

Wie kann durch Variation des Druckes p und der Temperatur T möglichst viel Produkt erhalten werden?

Was für praktische Konsequenzen haben die Reaktionsbedingungen ?

**Lösung:**

- Tiefe Reaktionstemperaturen bevorzugen die exotherme Reaktion resp. die Synthese des Produktes.  
Optimalerweise wäre also eine möglichst tiefe Temperatur.  
Grosser Nachteil: die Reaktionsgeschwindigkeit sinkt mit tiefer Temperatur. Praktischerweise wird ein Kompromiss gefunden zwischen möglichst tiefer Temperatur (Chatelier) und brauchbarer Reaktionsgeschwindigkeit resp. deren Temperatur.
- Ein hoher Druck bevorzugt die Produktseite.  
Eventuell praktische Schwierigkeiten im Labor.

## Thema: Organische Chemie, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [oc-01](#) : Funktionelle Gruppen
- Ab [oc-10](#) : Nomenklatur
- Ab [oc-20](#) : Chiralität
- Ab [oc-30](#) : Oxidation
- Ab [oc-35](#) : Reduktion
- Ab [oc-40](#) : Kondensationsreaktion
- Ab [oc-50](#) : Elementaranalyse

### Aufgabe: oc-01

Zeichne zur jeder Aufgabe jeweils drei verschiedene Moleküle, welche nur aus einem Kohlenwasserstoff-Gerüst (Alkan-Gerüst, also Einbachbindungen) sowie folgender funktioneller Gruppe bestehen:

- Nicht verzweigte Alkane
- Verzweigte Alkane
- Cyclische Alkane
- Alkene
- Alkine
- Alkohol
- Aldehyd
- Keton
- Amin
- Carbonsäure
- Aminosäure
- Ester
- Amid

**Lösung:**

- Nicht verzweigte Alkane  
CCCC; CCCC; CCCC
- Verzweigte Alkane  
CC(C)C; CC(C)C; CC(C)C
- Cyclische Alkane  
C1CCCC1; C1CCCC1; C1CCCC1
- Alkene  
C=CC; C=CC; C=CC
- Alkine  
C#CC; C#CC; C#CC
- Alkohole:  
CCO; CCO; CCO
- Aldehyde:  
CC=O; CC=O; CC=O
- Ketone:  
CC(=O)C; CC(=O)C; CC(=O)C
- Amine:  
CCN; CCN; CCN
- Carbonsäuren:  
CC(=O)O; CC(=O)O; CC(=O)O
- Aminosäuren:  
CC(N)C(=O)O; CC(N)C(=O)O; CC(N)C(=O)O
- Ester:  
CCOC(=O)C; CCOC(=O)C; CCOC(=O)C
- Amide:  
CC(N)C(=O)C; CC(N)C(=O)C; CC(N)C(=O)C

### Aufgabe: oc-02

Zeichne zu jeder Aufgabe die Strukturformel. Neben der funktionellen Gruppe dürfen keine anderen funktionellen Gruppen gezeichnet werden, erlaubt sind nur noch Kohlen-Wasserstoff-Verknüpfungen

- Ein linearer, nicht verzweigter Alkohol mit genau 3 Kohlenstoffatomen
- Ein verzweigter Alkohol mit genau 5 Kohlenstoffatomen
- Alle Alkohole (verzweigt, nicht verzweigt) mit genau 4 Kohlenstoffatomen
- Drei verschiedene Ether mit jeweils insgesamt 4 Kohlenstoffatomen
- Das kleinstmögliche (sowenige C wie machbar) Keton
- Das kleinstmögliche (sowenige C wie machbar) Aldehyd
- Das kleinstmögliche (sowenige C wie machbar) Amin
- Der kleinstmögliche (sowenige C wie machbar) Ester

**Lösung:**

{a} }	/\ /OH
{b} }	/\ < >/\ OH
{c} }	/\ /\ OH { } /<'> \ /OH { } OH (A75);/#2\
{d} }	/O\ /\  { } / \ O/\  { } -_p_pO_p_p
{e} Kleinstes Keton }	/<<'  O>\
{f} Kleinstes Aldehyd }	H/<'  O>\ H { oder: } <'  O>
{g} Kleinstes Amin }	H2N/
{h} Kleinster Ester }	<' O >\ O/

**Aufgabe: oc-03**

Zeichne jeweils ein beliebiges Molekül, welches gleichzeitig alle funktionellen Gruppen beinhaltet, die Grundstruktur soll immer ein Alkangerüst sein

- a) Alken, Alkohol und Carbonsäure
- b) Alken, Aldehyd, Keton sowie Amid
- c) Carbonsäure, Alkohol und Keton
- d) Amin, Amid, Carbonsäure und Aldehyd

**Lösung:**

- a) /<'||>\|<|OH>/<'||O>\|OH
- b) H/<'||O>\|/\|/\|<'||O>\|/\|<'||O>/NH2
- c) HO/<'||O>\|<|OH>/<'||O>\|
- d) H2N/\|N<\_(y.5)H>/<'||O>\|<'||O>\|OH>/<'||O>

**Aufgabe: oc-04**

Zeichne jeweils drei verschiedene Alkohole:

- a) primärer Alkohol
- b) sekundärer Alkohol
- c) tertiärer Alkohol

**Lösung:**

- a) /|\|OH { } \|<'>/|\|OH { } \|/\|>\|/OH
- b) /|\|<|H0>/ { } \|/\|<'|OH>\| { } /<'>\|/\|<'|OH>\|/
- c) OH|(A75);/#2\| { } OH|(A75);/#2\|^| { } OH|(A75);/#2\|/\|

**Aufgabe: oc-05**

Jedes zu zeichnende Molekül muss vier Kohlenstoffatome aufweisen. Zeichne mit dieser Vorgabe je einen .... primären Alkohol, sekundären Alkohol sowie tertiären Alkohol.

**Lösung:**

- {Primärer Alkohol: } /|\|/\|OH
- {Sekundärer Alkohol: } /<'|OH>\|/
- {Tertiärer Alkohol: } -<|><'>|>-OH

**Aufgabe: oc-10**

Gegeben seien folgende 6 Moleküle. Eines davon unterscheidet sich eindeutig von allen anderen. Welches und warum?

{a} } \< >/<'>\ \ \ \
{b} } /<'>\ \< >/\ \ \
{c} } \ \ \ \< <'>/\ \>/
{d} } /<'>\ \< >/\ \ \
{e} } \ \ \ /'<'>\ \<'>/\ \
{f} } \ \ /'<'>/\ \<'>/\ \

**Lösung:**

Das letzte Molekül f) unterscheidet sich von allen anderen. a) bis e) sind identisch, auch wenn sie unterschiedlich aussehen. Betrachte dazu die längste mögliche Kohlenstoffkette und schau, bei welchen Kohlenstoffatomen eine Abzweigung mit jeweils einem Kohlenstoffatom beobachtet werden kann.

Die systematische Nomenklatur hilft eindeutig, die Unterschiede hervorzuheben. Bedenke, dass die Nummerierung der Kohlenstoffatome nicht unbedingt von links nach rechts erfolgen muss, sondern derart, dass die Summe der Abzweigungen möglichst klein wäre.

{a} } @:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; @n(1,-70)\ \@n(2,50)< >/@n(3,-30)<'>/\ \@n(4,50)/@n(5,-50)\ \@n(6,50)/@n(7,-50)\ \@n(8,50)	2,3-Di-Methyl-Octan
{b} } @:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; @n(1,80)/@n(2,90)<'>/\ \@n(3,-90)< >/@n(4,90)\ \@n(5,90)/@n(6,-90)\ \@n(7,45) @n(8,90)	2,3-Di-Methyl-Octan
{c} } @:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; @n(8,90)\ \@n(7,90)/@n(6,90)\ \@n(5,90)/@n(4,90)\ \@n(3,-90)< @n(2,90)<'>/@n(1,90)>\ \>/	2,3-Di-Methyl-Octan
{d} } @:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; /<'> @n(1,-90)>@n(2,90)\ \@n(3,-90)< >/@n(4,90)\ \@n(5,90)/@n(6,90)\ \@n(7,90)/@n(8,90)	2,3-Di-Methyl-Octan
{e} } @:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; @n(8,90)\ \@n(7,90)/@n(6,90)\ \@n(5,-90) @n(4,90)'/@n(3,-90)<'> @n(2,90)<'>/@n(1,90)>\ \	2,3-Di-Methyl-Octan
{f} } @:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; @n(8,-90)\ \@n(7,-90) @n(6,90)'/@n(5,-90) <'>/@n(4,90)\ \@n(3,90)/@n(2,90)<'> @n(1,-90)>\ \	2,4-Di-Methyl-Octan

**Aufgabe: oc-11**

Gegeben seien folgende Namen diverser Moleküle. Zeichne das dazugehörige Molekül (Skelettschreibweise).

- a) Hexan
- b) 2-Methyl-Octan
- c) 3,4-Di-Ethyl-2,2,5-Tri-Methyl-Decan
- d) Ethanol (auch Ethan-1-ol)
- e) Propan-1,2,3-Tri-ol
- f) Butan-1-al
- g) Butan-2-on
- h) Cyclohexanol
- i) 4-Methyl-Pentan-1-ol
- j) 2-Methyl-Pentan-2-ol
- k) 3-Amino-Heptan-1-ol
- l) 3-Hydroxy-Butanal
- m) 2,3-Dimethyl-Butan-2,3-diol
- n) 2,3-Dimethyl-Pentan
- o) 1-Ethyl-1-Methyl-Cyclobutan
- p) 3-Ethyl-2,2,4-Tri-Methyl-Hexan

**Lösung:**

{a} Hexan }	/\ \ \ \
{b} 2-Methyl-Octan : }	@:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; @n(8,90)/@n(7,90)\ \ @n(6,90)/@n(5,90)\ \ @n(4,90)/@n(3,90)\ \ @n(2,-90)< >/@n(1,90)
{c} 3,4-Di-Ethyl- 2,2,5-Tri-Methyl-Decan: }	/<_q4><_p4>/< >/>\ \ <  \ \ >/< >\ \ \ \ \ \
{d} Ethanol: }	/\ \ OH
{e} Propan-1,2,3-Tri-ol:}	HO/\ \ < OH>/\ \ OH
{f} Butan-1-al: }	/\ \   \ O
{g} Butan-2-on:}	@:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; @n(4,90)/@n(3,90)\ \ @n(2,-90)<  \ O>/@n(1,90)
{h} Cyclohexanol}	`/`-\ \ /- \ \ -OH
{i} 4-Methyl-Pentan-1- ol}	\ \ < >/\ \ \ \ OH { } { oder: } HO/\ \ \ \ < >/
{j} 2-Methyl-Pentan-2- ol}	HO/<_q4><_p4>/\ \
{k} 3-Amino-Heptan-1- ol}	HO\ \ \ \ < NH2>/\ \ \ \
{l} 3-Hydroxy-Butanal}	\ \ < OH>/\ \ /O
{m} 2,3-Dimethyl- butane-2,3-diol }	HO-<_q4><_p4>-<_q4><_p4>-OH
{n} 2,3-Dimethyl-Pentan }	/< >\ \ < >/\ \
{o} 1-Ethyl-1-Methyl- Cyclobutan }	(* /*)(*\ \ \ *) `- _#1
{p} 3-Ethyl-2,2,4-Tri- Methyl-Hexan }	@:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(blue)\ "&n\">@; @n(1,90)/@n(2,90)<_(A225)><_(A-45)>\ \ @n(3,- 90)<  \ \ >/@n(4,90)< >\ \ @n(5,90)/@n(6,90)

**Aufgabe: oc-12**

Gegeben seien folgende Strukturen diverser Moleküle. Wende die Nomenklaturregeln möglichst genau an und gib den systematischen Namen.

{a} } -_(P3)_ (P3)< >\ \
{b} } /< ><_(A75)>\ \ /
{c} } \ \ /< >\ \ \ \ <_p3><  \ >/
{d} } @:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(white)\ "&n\">@; @n(9,90)/@n(8,90)\ \ @n(7,90)/@n(6,90)\ \ @n(5,-90) @n(4,90) < >/\ \ @n(3,-90)< >/@n(2,90)<  \ > @n(1,-90)
{e} } @:n(n,a,L:.4)<_(A&a,L&L,N0)\$itemColor1(white)\ "&n\">@; @n(5,90)/@n(4,90)< O >\ \ @n(3,90)/@n(2,90)\ \ @n(1,-90) O`
{f} } \ \ /< >\ \ < >/>\ \ NH2>/OH
{g} } / \ \ < >\ \ \ \ < >/\ \ < OH>/\ \ < >/NH2
{h} } HO/< O >\ \ /< >\ \ < >/>\ \ H2N> < >/>\ \ >/\ \
{i} } /< >\ \ \ \ /
{j} } /< >\ \ \ \ < >/< >\ \
{k} } / \ \ < >/\ \ \ \
{l} } / \ \ <_(A150)>< OH>/\ \
{m} } Br \ \ < >/\ \ /

**Lösung:**





{a} } /\OH	->	[/<'OH>\OH]	->	/\O` + H2O
{b} } \< >/\OH	->	[\< >/<'OH>\OH]	->	\< >/\O + H2O
{c} } /\< HO>/	->	[/\<_(a110)HO><'OH>/]	->	/\<'O`>/ + H2O
{d} } /<'>\<'OH>\	->	[/<'>\<'HO>\]	->	/<'>\<'O >\ + H2O
{e} } OH (A75);/#2\				{Oxidation nicht möglich}

! Achtung ! d) enthält noch einen Fehler, Bug?! in charchem?!

### Aufgabe: oc-31

Oxidiere folgende Substanzen soweit wie möglich.

{a} } /\OH
{b} } \< >/\OH
{c} } \<'>\<'OH
{d} } /\< HO>/
{e} } \<'OH>\
{f} } /<'>\<'OH>\
{g} } OH (A75);/#2\
{h} } OH (A75);/#2\
{i} } OH (A75);/#2\ \

Lösung:

{a} } /\OH	->	/\O`	->	/<'O`>'OH
{b} } \< >/\OH	->	\< >/\O`	->	\< >/<'O`>'OH
{c} } \<'>\<'OH ->	->	\<'>\<'O`/	->	\<'>\<'OH>
{d} } /\< HO>/	->	/\<'O`>/	->	{keine weitere Oxidation möglich}
{e} } \<'OH>\	->	\<'O >\	->	{keine weitere Oxidation möglich}
{f} } /<'>\<'OH>\	->	/<'>\<'O >\	->	{keine weitere Oxidation möglich}
{g} } OH (A75);/#2\	->	{keine Oxidation möglich}		
{h} } OH (A75);/#2\	->	{keine Oxidation möglich}		
{i} } OH (A75);/#2\ \	->	{keine Oxidation möglich}		

### Aufgabe: oc-32

Gegeben seien folgende Alkohole. Oxidiere - falls möglich - alle Alkohole einmal.

{a} } /\OH
{b} } \< >/\OH
{c} } \V<'>\V/OH
{d} } HO\V<'> OH>\V/OH
{e} } `/:a\\_#1`/\`/<'> > `/\`/<'>/HO>`/\ 0\\V`/\`0`/\` ; #a` <'>/\V\<'> >/
{f} } `/'-`V-`< >\-OH
{g} } `/'-`V-`-`-OH
{h} } HO\< > <'> NH2>\<'> OH> <'> OH>\<_(A45)><_(A-220)>/OH
{i} } HO `/\`/\`/\`/<'>\<_q><_(A-70)OH>`\>/\ 0\\V<'>\0/\OH>` \`\\`/
{j} } OH`\\ 0 `/\`/\`/\`/<'>`/HO>/\ 0 `/0/\

**Lösung:**

{a} } /\OH	-> `/' 0
{b} } \< >/\OH	-> \< > <'> 0 >\H
{c} } \V<'>\V/OH	-> \V<'> \<'> 0 >/H {resp. } \V<'> \`0
{d} } HO\V<'> OH>\V/OH	-> O\\V<'> 0 >\V/O
{e} } `/:a\\_#1`/\`/<'> > `/\`/<'>/HO>`/\ 0\\V`/\`0`/\` ; #a` <'>/\V\<'> >/	-> `/:a\\_#1`/\`/<'> > `/\`/<'>/O>`/\ 0\\V`/\`0`/\` ; #a` <'>/\V\<'> >/
{f} } `/'-`V-`< >\-OH	{Oxidation nicht möglich, kein C-H}
{g} } `/'-`V-`-`-OH	-> `/'-`V-`-`-O`-
{h} } HO\< > <'> NH2>\<'> OH> <'> OH>\<_(A45)><_(A-220)>/OH	-> O\<_(A210)>< > <'> NH2>\<'> O`> <'> O >\<_(A45)><_(A-220)>/OH
{i} } HO `/\`/\`/\`/<'>\<_q><_(A-70)OH>`\>/\ 0\\V<'>\0/\OH>` \`\\`/	-> O `/\`/\`/\`/<'>\<_(A130)><_(A-70)OH>`\>/\ 0\\V<'>\0/\O`>` \`\\`/
{j} } OH`\\ 0 `/\`/\`/\`/<'>`/HO>/\ 0 `/0/\	-> OH`\\ 0 `/\`/\`/\`/<'>`/O>/\ 0 `/0/\

**Aufgabe: oc-35**

Gegeben seien folgende Strukturen. Wie können die Substanzen aus den entsprechenden Kohlenwasserstoffgerüsten hergestellt werden? Schreibe die entsprechenden (stabilen) Zwischenstufen hin. Zum Teil muss an der richtigen Stelle reduziert (resp. oxidiert) werden, diese technischen Schwierigkeiten gilt es aber an dieser Stelle nicht zu berücksichtigen. Musterlösung gegeben bei Beispiel a). Beachte ebenfalls, dass die Notation mit einem Retrosynthesepfeil gemacht wurde. Gehe analog vor.

{a} } \V` 0 \OH	⇒	\V` 0 \H	⇒	\V` OH	⇒	\V`
{b} } \< > 0 \H						
{c} } \V<'> \`0 /OH						
{d} } /<'> \V<'> 0 >\V						
{e} } OH _(A75);/#2\						

**Lösung:**

{a} } \V\ O \OH	⇒	\V\ O \H	⇒	\V\ OH	⇒	\V
{b} } \< > ^ O \H	⇒	\< >/\OH	⇒	\< >/		
{c} } \V<'> \O` /OH	⇒	\V<'> \O` /H	⇒	\V<'> \V/OH	⇒	\V<'> \
{d} } /<'> \V<'> O > \V	⇒	/<'> \V<'> OH> \V	⇒	/<'> \V \V		
{e} } OH _(A75);/#2\	⇒	/<'> \				

**Aufgabe: oc-40**

Gegeben seien folgende Moleküle. Lasse diese in einer Kondensationsreaktion miteinander reagieren.

<b>{a} Zwei gleiche Alkohole }</b>
{a1} } \V/OH + \V/OH
{a2} } \< >/\OH + \< >/\OH
{a3} } \V<'> \V/OH + HO\V<'> \V
{a4} } /<'> \V<'> OH> \V + /<'> \V<'> OH> \V
{a5} } OH _(A75);/#2\ +  _(A75);HO/#2\
{a6} } 2* \< >/<'> OH> \
<b>{b} Zwei verschiedene Alkohole }</b>
{b1} } \V/OH + HO/
{b2} } /<'> OH> \ + \V/OH
{b3} } \< >/<'> OH> \ + \V/OH
<b>{c} Alkohol und eine Carbonsäure }</b>
{c1} } \V\OH + HO/<'> O > \
{c2} } \< >/<'> OH> \ + HO/<'> O > \< >/
{c3} } \V< O`>/OH + \< >/<'> OH>
<b>{d} Zwei gleiche Carbonsäure }</b>
{d1} } /<'> O > \OH + HO/<'> O > \
{d2} } 2* \$C O` /OH
{d3} } 2* `'\ /\V\ O \OH
<b>{e} Zwei verschiedene Carbonsäure }</b>
{e1} } \V< O`>/OH + HO/^ O
{e2} } HO\ O` /<'> \V + \V\ O \OH
{e3} } HO\ O` /<'> \ + / ^ O \OH
<b>{f} Amin und eine Carbonsäure }</b>
{f1} } /NH2 + HO/^ O \
{f2} } \< >/NH2 + \V\ O` /OH
{f3} } \< >/N<_(y-5)H> \ + \V\ O` /OH

**Lösung:**

Lösungen siehe bei Aufgabe oc-41

**Aufgabe: oc-41**

Gehe bei jeder Aufgabe folgendermassen vor:

- zeichne die verlangte(n) Moleküle mit den funktionellen Gruppen
- lasse die beiden gezeichneten Moleküle miteinander reagieren
- Neben dem Produkt Wasser entsteht eine neue funktionelle Gruppe. Welche?
- Jede Teilaufgabe soll mindestens dreimal gelöst werden

Hinweis: die Moleküle sollen neutral sein

- a) Zwei identische Alkohole reagieren miteinander
- b) Zwei unterschiedliche Alkohole reagieren miteinander
- c) Ein Alkohol reagiert mit einer Carbonsäure
- d) Zwei identische Carbonsäuren reagieren miteinander
- e) Zwei unterschiedliche Carbonsäuren reagieren miteinander
- f) Ein Amin reagiere mit einer Carbonsäure

### Lösung:

<b>{a} Zwei gleiche Alkohole}</b>	<b>{Ether}</b>
{a1} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{a2} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{a3} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{a4} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{a5} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{a6} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
<b>{b} Zwei verschiedene Alkohole}</b>	<b>{Ether}</b>
{b1} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{b2} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{b3} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
<b>{c} Alkohol + Carbonsäure}</b>	<b>{Ester}</b>
{c1} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{c2} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
{c3} } <chem>CCO.CCO</chem>	-> <chem>CCOC.CO</chem> + H2O
<b>{d} Zwei gleiche Carbonsäuren}</b>	<b>{Carbonsäureanhydrid}</b>
{d1} } <chem>CC(=O)O.CC(=O)O</chem>	-> <chem>CC(=O)OC(=O)C</chem> + H2O
{d2} } <chem>CC(=O)O.CC(=O)O</chem>	-> <chem>CC(=O)OC(=O)C</chem> + H2O
{d3} } <chem>CC(=O)O.CC(=O)O</chem>	-> <chem>CC(=O)OC(=O)C</chem> + H2O
<b>{e} Zwei verschiedene Carbonsäuren}</b>	<b>{Carbonsäureanhydrid}</b>
{e1} } <chem>CC(=O)O.CC(=O)O</chem>	-> <chem>CC(=O)OC(=O)C</chem> + H2O
{e2} } <chem>CC(=O)O.CC(=O)O</chem>	-> <chem>CC(=O)OC(=O)C</chem> + H2O
{e3} } <chem>CC(=O)O.CC(=O)O</chem>	-> <chem>CC(=O)OC(=O)C</chem> + H2O
<b>{f} Amin + Carbonsäure:}</b>	<b>{Amid}</b>
{f1} } <chem>CC(=O)O.CCN</chem>	-> <chem>CC(=O)NC</chem> + H2O
{f2} } <chem>CC(=O)O.CCN</chem>	-> <chem>CC(=O)NC</chem> + H2O
{f3} } <chem>CC(=O)O.CCN</chem>	-> <chem>CC(=O)NC</chem> + H2O

### Aufgabe: oc-42

Es seien folgende Produkte von Kondensationsreaktion gegeben. Zeichne die Skelettformeln der entsprechenden Edukte analog zum ersten Beispiel. Beachte, dass die Notation mit einem Retrosynthesepfeil gemacht wurde. Gehe analog vor.

{a1}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$	$\Rightarrow$	$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
{a2}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{a3}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{a4}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{a5}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{a6}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{b1}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{b2}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{b3}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{c1}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{c2}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{c3}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{c4}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{d1}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{d2}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{d3}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{e1}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{e2}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{e3}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{f1}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{f2}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{f3}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		
{f4}	$\text{H}_2\text{O}$	+	$\text{H}_2\text{O}$		

**Lösung:**

{a1}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)=CC=C1</chem>
{a2}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{a3}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{a4}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{a5}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{a6}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{b1}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{b2}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{b3}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{c1}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{c2}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{c3}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{c4}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{d1}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{d2}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{d3}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{e1}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{e2}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{e3}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{f1}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{f2}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{f3}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>
{f4}	<chem>C1=CC=CC=C1</chem>	+	H2O	⇒	<chem>C1=CC(O)C=CC=C1</chem>

### Aufgabe: oc-50

Gegeben seien folgende Resultat einer Elementaranalyse: C 12.79%. H 2.15%, der Rest sei Brom

- Wie lautet die Summenformel
- Zeichne das Molekül aufgrund der Summenformel. Was fällt auf?
- Wie sähe das zu erwartende NMR der (beiden!) Strukturen aus?

### Lösung:

Hinweis zu den Prozentangaben: hierbei handelt es sich immer um Massenprozente. Damit die Rechnerei einfacher wird, gehen wir von 100 Gramm Substanz aus

- Annahme 100 Gramm, somit 12.79 g C, 2.15 g H und 85.07 g Brom
- $n(\text{C}) = 12.79/12 = 1.07 \text{ mol} \approx 1 \text{ mol}$
- $n(\text{H}) = 2.15/1 = 2.15 \text{ mol} \approx 2 \text{ mol}$
- $n(\text{Br}) = 85.07/79.9 = 1.07 \text{ mol} \approx 1 \text{ mol}$
- {also} CH2Br { lässt sich aber nicht zeichnen, Oktettregel}
- {somit} (CH2Br)2 {resp.} C2H4Br2
- Zeichnerisch gibt es zwei Möglichkeiten, die Brom-Atome am gleichen C oder pro Kohlenstoffatom je ein Bromatom
- BrC1(Br)CC1

 **Thema: QM, Aufgaben und Antworten**

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [qm-01](#) : todo ...
- Ab [qm-02](#) : todo ...

## Thema: Radioaktivität, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [Radio-01](#) : Anzahl Protonen, Neutronen, Isotope
- Ab [Radio-10](#) : Durchmesser, Dichte
- Ab [Radio-20](#) : Zerfall
- Ab [Radio-30](#) : Halbwertszeiten
- Ab [Radio-40](#) : Altersbestimmung
- Ab [Radio-50](#) : Einstein

### Aufgabe: Radio-01

Anzahl p, n, e<sup>-</sup>

Bestimme die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen folgender Atomkerne

Anzahl ...	Protonen	Neutronen	Elektronen
${}^3_1\text{H}$			
${}^5_2\text{He}$			
${}^{13}\text{C}$			
${}^{234}\text{U}$			
${}^{13}\text{C}^{2+}$			
${}^{34}\text{S}^{2-}$			
${}^4\text{He}^{2+}$			
${}^{17}\text{O}$			
${}^{200}\text{Au}^+$			
${}^{78}\text{Br}^-$			

Lösung:

Anzahl ...	Protonen	Neutronen	Elektronen
${}^3_1\text{H}$	1	2	1
${}^5_2\text{He}$	2	3	2
${}^{13}\text{C}$	6	7	6
${}^{234}\text{U}$	92	142	92
${}^{13}\text{C}^{2+}$	6	7	4
${}^{34}\text{S}^{2-}$	16	18	18
${}^4\text{He}^{2+}$	2	2	0
${}^{17}\text{O}$	8	9	8
${}^{200}\text{Au}^+$	79	121	78
${}^{78}\text{Br}^-$	35	43	36

### Aufgabe: Radio-02

Isotop - Prozentrechnen

Natürlicher Kohlenstoff besteht zu 98.94% aus  ${}^{12}\text{C}$ , der Rest bestehe aus  ${}^{13}\text{C}$  ( $m=13.003355$  u).

- Berechne aus diesen Werten die zu erwartende durchschnittliche Kohlenstoffmasse.
- Was kann aus dem tatsächlichen Wert von 12.0107 (Wert aus dem PSE) rückgeschlossen werden?
- Berechne die zu erwartende durchschnittliche Kohlenstoffmasse mit der Idee, dass die Massen von  $m({}^{12}\text{C})=12\text{u}$  und  $m({}^{13}\text{C})=13\text{u}$  betragen.

**Hinweis:** Die Masse eines C-12 beträgt exakt (Definition) 12 u

**Lösung:**

- a)  $0.9894 \cdot 12 \text{ u} + 0.0106 \cdot 13.003355 \text{ u} = 12.010635 \text{ u}$   
 b) Der theoretische Wert ('PSE') liegt bei 12.0107 u resp. 12.0107 g/mol. Der kleine Unterschied liegt in gerundeten Werten der Häufigkeiten  
 c)  $0.9894 \cdot 12 \text{ u} + 0.0106 \cdot 13 \text{ u} = 12.0106 \text{ u}$

**Aufgabe: Radio-03**

Isotop - Prozentrechnen

Das Element Chlor besteht aus zwei Isotopen:  $^{35}\text{Cl}$  resp.  $^{37}\text{Cl}$ .  $m(^{35}\text{Cl}) = 34.969 \text{ u}$ , Häufigkeit = 75.77%,  $m(^{37}\text{Cl}) = 36.966 \text{ u}$ . Berechne daraus die durchschnittliche Masse und interpretiere das Resultat.

**Lösung:**

$$m(\text{Cl}) = 0.7577 \cdot 34.969 \text{ u} + (1 - 0.7577) \cdot 36.966 \text{ u} = 35.4528731 \text{ u}$$

Die durchschnittliche Masse eines Chloratoms beträgt 35.4528 u resp. ein Mol hätte die Masse von 35.4528 Gramm. Beachte: auch wenn man noch so gut in der Natur sucht, nie wird man ein solches Atom finden. Entweder haben die Chloratome die Masse von 34.969 u oder die Masse von 36.966 u.

**Aufgabe: Radio-04**

Isotop - Prozentrechnen

Brom tritt in der Natur als Gemisch der beiden stabilen Isotope  $^{79}\text{Br}$  sowie  $^{81}\text{Br}$  auf. Häufigkeiten:  $^{79}\text{Br}$  zu 50.65%,  $m = 78.918338 \text{ u}$ . Berechne aus der durchschnittlichen Molmasse des Broms nun die Häufigkeit sowie die Masse des  $^{81}\text{Br}$  in u sowie g/mol.

**Hinweis:** Die Molmasse des Broms beträgt (PSE) 79.904 u resp. 79.904 g/mol

**Lösung:**

Häufigkeit des zweiten Isotops:  $100 - 50.65\% = 49.35\%$

Somit:  $0.5065 \cdot 78.918338 \text{ u} + 0.4935 \cdot x \text{ u} = 79.904 \text{ u}$

$x = 80.9156 \text{ u}$  resp. 80.9156 g/mol

**Aufgabe: Radio-05**

Isotop - Prozentrechnen

Ein Element besteht aus einem Gemisch aus drei Isotopen, wobei die beiden leichteren Isotope die gleiche Häufigkeiten haben. Die Molmassen der drei Isotope sei ebenfalls bekannt.

Berechne daraus die allgemeine Formel der durchschnittlichen Molmasse des Elementes.

**Lösung:**

- Häufigkeit Isotop I: x, wobei x eine Zahl zwischen 0 (0%) und 1 (100%) wäre
- Häufigkeit Isotop II: x
- Somit hat das Isotop III die Häufigkeit (1-2x)
- Zu erwartendes Molmasse:  $x \cdot M(\text{Isotop I}) + x \cdot M(\text{Isotop II}) + (1-2x) \cdot M(\text{Isotop III})$

**Aufgabe: Radio-07**

Isotop - Silicium

Was ist den drei Siliciumisotopen  $^{28}\text{Si}$ ,  $^{29}\text{Si}$ ,  $^{30}\text{Si}$  gemeinsam, was ist verschieden?

**Lösung:**

Die Protonen und Elektronenzahl ist immer gleich, aber die Neutronenzahl ist verschieden. Die chemischen Eigenschaften der drei Isotope sind gleich, nur der Kern ist unterschiedlich schwer. Dadurch ergeben sich unterschiedliche physikalische Eigenschaften

**Aufgabe: Radio-08**

Isotop - Prozentrechnen

In welchen prozentualen Anteilen liegen  $^{28}\text{Si}$  und  $^{29}\text{Si}$  vor, wenn der Massenanteil in Prozent von  $^{30}\text{Si}$  3.1 % beträgt?

Hinweis:  $m(^{28}\text{Si}) = 27.9769 \text{ u}$ ,  $m(^{29}\text{Si}) = 28.9765 \text{ u}$ ,  $m(^{30}\text{Si}) = 29.9738 \text{ u}$

**Lösung:**

$x =$  Häufigkeit in % von  $^{28}\text{Si}$ ,  $y =$  Häufigkeit in % von  $^{29}\text{Si}$

$$\text{Gleichung 1: } x + y + 3.1 = 100$$

$$\text{Gleichung 2: } (x \cdot 27.9769 \text{ u} + y \cdot 28.9765 \text{ u} + 3.1 \cdot 29.9738 \text{ u}) / 100 = 28.09 \text{ u}$$

Gewichtete Durchschnittsmasse von Si (gemäss Periodensystem): 28.09 u

x und y mit Gleichungen 1 und 2 bestimmen.  $x = 92.2\%$ ;  $y = 4.7\%$

**Aufgabe: Radio-09**

Bei der Reaktion von Brom mit Wasserstoff entsteht Bromwasserstoffgas (HBr). Folgende Isotope beteiligen sich an der Reaktion:  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{79}\text{Br}$  sowie  $^{81}\text{Br}$ .

- a) Wie lautet die ausgeglichene Reaktionsgleichung?  
 b) Wie viele verschiedene HBr-Moleküle mit unterschiedlicher Masse werden dabei gebildet?

c) Welche Isotopenkombination wäre das leichteste HBr, welches das schwerste HBr-Molekül? Angabe inklusive Molmasse

Annahmen für die Molmassen: sie berechnet sich mit der Vereinfachung, dass  $m(\text{Proton}) = m(\text{Neutron})$ . Somit gilt folgendes:  $M(^1\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ,  $M(^2\text{H}) = 2 \text{ g/mol}$ ,  $M(^{79}\text{Br}) = 79 \text{ g/mol}$  sowie  $M(^{81}\text{Br}) = 81 \text{ g/mol}$ .

**Lösung:**

- a)  $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{HBr}$   
 b) Es gibt 4 verschiedene mögliche Paare:  
 $^1\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}$ ,  $^1\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}$ ,  $^2\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}$  und  $^2\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}$   
 c)  $M(^1\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}) = 80 \text{ g/mol}$ ,  $M(^1\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}) = 82 \text{ g/mol}$ ,  $M(^2\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}) = 81 \text{ g/mol}$ ,  $M(^2\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}) = 83 \text{ g/mol}$   
 leichtes Molekül  $^1\text{H}\text{-}^{79}\text{Br}$ , schwerstes Molekül  $^2\text{H}\text{-}^{81}\text{Br}$

**Aufgabe: Radio-10**

Kerndurchmesser

Schätze den Durchmesser der folgenden Kerne ab:

- a)  $^3\text{H}$   
 b)  $^{40}\text{K}$   
 c)  $^{235}\text{U}$

**Hinweis:** Der Radius berechnet sich mit  $r = 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot A^{(1/3)}$  (Resultat in Meter, wobei A die Nukleonenzahl ist)

**Lösung:**

- a)  $^3\text{H}$ :  $d = 2 \cdot r = 2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot 3^{(1/3)} = 3.46 \cdot 10^{-15} \text{ m}$   
 b)  $^{40}\text{K}$ :  $d = 2 \cdot r = 2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot 40^{(1/3)} = 8.21 \cdot 10^{-15} \text{ m}$   
 c)  $^{235}\text{U}$ :  $d = 2 \cdot r = 2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot 235^{(1/3)} = 1.48 \cdot 10^{-14} \text{ m}$

**Aufgabe: Radio-11**

Graph zeichnen

Zeichne den Graph folgender Funktion  $r = 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot A^{(1/3)}$  (Resultat in Meter)

**Hinweis:** Wolfram-Alpha:  $y = 2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot x^{(1/3)}$ , x from 1 to 300

**Lösung:**

noch nichts gemacht

**Aufgabe: Radio-12**

Dichte Nukleus

Berechne die Dichte eines Heliumkernes ( $^4\text{He}$ )

**Hinweis:** Annahmen:

- der Heliumkern beansprucht ein kugelförmiges Volumen
- Masse Proton = Masse Neutron = 1 u

**Lösung:**

Es werden diverse Schritte benötigt:

- Dichte =  $m/V = m/(4/3 \cdot \pi \cdot r^3)$
- Masse des Kernes: je 2 Protonen sowie 2 Neutronen, ca. 4 u, 1 u =  $1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , somit  $6.64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Radius des Heliumkernes:  $r = 1.2 \cdot 10^{-15} \cdot 4^{(1/3)} = 1.9049 \cdot 10^{-15} \text{ m}$
- $V = 4/3 \cdot \pi \cdot r^3 = 2.895 \cdot 10^{-44} \text{ m}^3$
- Dichte =  $m/V = 2.293 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$  (vgl. Wasser:  $1000 \text{ kg/m}^3$ )

**Aufgabe: Radio-20**

$\alpha$ ,  $\beta^-$ ,  $\beta^+$

Definiere allgemein die folgenden Zerfälle. Benutze folgendes Schema:

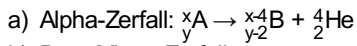
$A \rightarrow B + C$ , wobei bei allen Teilchen die Ordnungszahl sowie die Nukleonenzahl angegeben werden soll.

- a) Alphazerfall  
 b) Beta-Minus-Zerfall  
 c) Beta-Plus-Zerfall

**Hinweis:** Alphazerfall: es entsteht ein alpha-Teilchen (He), Beta-Zerfall: es entsteht ein Elektron (Beta-Minus: negativ geladenes

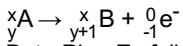
Elektron, Beta-Plus: positiv geladenes Elektron)

**Lösung:**



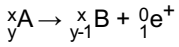
b) Beta-Minus-Zerfall:

Ein Neutron wandelt sich (u.a.) in ein Proton und ein Elektron um:



c) Beta-Plus-Zerfall:

Ein Proton wandelt sich (u.a.) in ein Neutron und einem positiv (!) geladenen 'Elektron' um:



**Aufgabe: Radio-21**

$\alpha, \beta^-, \beta^+$

Ergänze folgende Tabelle, indem in die Zellenhalte das entsprechende Element nach dem Zerfall geschrieben wird. Eine Zeile ist schon gegeben, ergänze die restlichen Zellenhalte entsprechend.

Achtung: es ist gut möglich, dass die aufzuschreibenden Zerfälle in der Realität gar nicht stattfinden, hier geht es 'nur' um die Anwendung der theoretischen Zerfälle.

Zerfall:	Alpha-Zerfall	Beta-Minus-Zerfall	Beta-Plus-Zerfall
${}^{13}_6\text{C}$	${}^9_4\text{Be}$	${}^{13}_7\text{N}$	${}^{13}_5\text{B}$
${}^{17}_8\text{O}$			
${}^{240}_{92}\text{U}$			
${}^{232}_{90}\text{Th}$			
${}^{200}_{79}\text{Au}$			
${}^{214}_{82}\text{Pb}$			

**Lösung:**

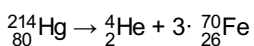
Zerfall:	Alpha-Zerfall	Beta-Minus-Zerfall	Beta-Plus-Zerfall
${}^{13}_6\text{C}$	${}^9_4\text{Be}$	${}^{13}_7\text{N}$	${}^{13}_5\text{B}$
${}^{17}_8\text{O}$	${}^{13}_6\text{C}$	${}^{17}_9\text{F}$	${}^{17}_7\text{N}$
${}^{240}_{92}\text{U}$	${}^{236}_{90}\text{Th}$	${}^{240}_{93}\text{Np}$	${}^{240}_{91}\text{Pa}$
${}^{232}_{90}\text{Th}$	${}^{228}_{88}\text{Ra}$	${}^{232}_{91}\text{Pa}$	${}^{232}_{89}\text{Ac}$
${}^{200}_{79}\text{Au}$	${}^{196}_{77}\text{Ir}$	${}^{200}_{80}\text{Hg}$	${}^{200}_{78}\text{Pt}$
${}^{214}_{82}\text{Pb}$	${}^{210}_{80}\text{Hg}$	${}^{214}_{83}\text{Bi}$	${}^{214}_{81}\text{Tl}$

**Aufgabe: Radio-22**

Alpha-Zerfall

Das Element x (Nukleonenzahl 214) zerfällt nach einem Alpha-Zerfall in drei identische Kerne y (Ordnungszahl 26). Ergänze y durch die Ordnungszahl sowie Nukleonenzahl und schreibe die komplette Zerfallsreaktion auf.

**Lösung:**



**Aufgabe: Radio-23**

Was tun?

Es sei gegeben jeweils ein (purer) Alphastrahler, Betastrahler sowie Gammastrahler. Auf einen soll man sich setzen, den anderen essen und vom Dritten darf man sich soweit wie möglich entfernen. Was soll man tun?

**Lösung:**

Entscheidungsmatrix machen:

	eat	sit	throw out window
--	-----	-----	------------------

alpha	1	0	0
beta	1	0.5	0
gamma	0.5	0.5	0

Es gelte: 0 kein Schaden, 0.5 zwischendrin, 1 Schaden

Grundgedanke: der Gesamtschaden soll minimiert werden.

Ein Alphastrahler wird schon von wenig Material (z.B. Kleider absorbiert, aber auch beim essen Magenschleimhaut, Darm), geringster Schaden somit bei alpha: sit

Ein Strahler muss gegessen werden ... kleinstes Übel beim Gammastrahler. Somit soll man den Betastrahler aus dem Fenster werfen resp. sich von ihm entfernen.

from: <https://www.youtube.com/watch?v=qjKTzk8NAxM>

### Aufgabe: Radio-30

Halbwertszeiten

Die Halbwertszeit ('HWZ') eines Isotopes betrage 10 Jahre. Nach wie vielen Jahren (ausgedrückt in 'Ganz-Vielfachen der HWZ') ist von der ursprünglich vorhanden Anzahl Atome noch folgende Menge erhalten

- die Hälfte
- ein Viertel
- ein 128stel
- ca. 1 Prozent
- ca. 1 Promille
- ca. ein Millionstel

**Hinweis:** Erste Frage überhaupt: wie viele Halbwertszeiten sind vergangen?

**Lösung:**

- die Hälfte: eine HWZ ist verstrichen, somit 10 Jahre
- ein Viertel: total zwei HWZ, also 20 Jahre
- ein 128stel: total sieben HWZ, also 70 Jahre
- ca. 1 Prozent: also ca. ein Hundertstel. 1/64 wären 6 HWZ, 1/128 wären 7 HWZ, also zwischen 60 - 70 Jahren
- ca. 1 Promille: also ca. ein Tausendstel. 9 HWZ (=1/512), 10 HWZ (1/1024), somit zwischen 90 - 100 Jahren
- ca. ein Millionstel:  $2^x = 1'000'000$ , x zwischen 19 und 20. Also somit 190 - 200 Jahren. Aufgabe kann auch ohne Mathematik gelöst werden, auf dem Taschenrechner  $2^x$  ausprobieren, bis grösser als eine Million.

Mit Mathe:  $2^x = 1'000'000$ ,  $x = \log(1'000'000)/\log(2) = 19.93$

### Aufgabe: Radio-31

Fiktive Annahme: Vor 10 Milliarden Jahren hätten 10 Milliarden kg  $^{244}\text{Pu}$  existiert, dessen HWZ  $8.3 \cdot 10^7$  Jahre betrage. Wie viele Atomkerne sind heute von den ursprünglichen  $^{244}\text{Pu}$  noch vorhanden?

**Lösung:**

Anzahl Kerne ursprünglich in mol:  $n(\text{Pu}) = m/M = 10^{13}\text{kg} / 0.244\text{kg} = 4.098 \cdot 10^{13}$  mol

Wirkliche Anzahl Kerne:  $4.098 \cdot 10^{13}$  mol  $\cdot 6.022 \cdot 10^{23} = 2.468 \cdot 10^{37}$

Heute noch vorhanden:  $N = N_0 \cdot 2^{-(t/T_{1/2})} = 2.468 \cdot 10^{37} \cdot 2^{-(10^{10}/8.3 \cdot 10^7)} = 13.3$  Kerne

### Aufgabe: Radio-40

Wie alt ist eine Probe, die eine 8-mal tiefere  $^{14}\text{C}$ -Konzentration enthält als ein noch lebender Organismus (HWZ( $^{14}\text{C}$ )= 5730 Jahre)

**Lösung:**

Die Konzentration wurde 3-mal halbiert (und hat somit eine achtmal tiefere Konz.), d.h. die Probe ist  $3 \cdot 5730 = 17190$  Jahre alt.

### Aufgabe: Radio-41

Wie viele  $^{14}\text{C}$  Atome enthält 1 g Kohlenstoff, der 5730 Jahre alt ist. Hinweis: eine aktuelle ('von heute') Probe habe ein Verhältnis von  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  von  $1.2 \cdot 10^{-12}$ .

**Hinweis:** Die (benötigte) Molmasse von  $^{12}\text{C}$  beträgt  $12.0000000000$  g/mol.

**Lösung:**

1 g  $^{12}\text{C}$  enthält wie viele Atome:  $n = m/M = 1/12$  mol resp.  $5.018 \cdot 10^{22}$   $^{12}\text{C}$ -Atome

Nach 5730 Jahren ist eine HWZ vorbei. Somit ist das Verhältnis nur noch halb so gross wie früher.

Es gilt:  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} = x = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 10^{-12}$

$$^{14}\text{C} = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 10^{-12} \cdot ^{12}\text{C} = \frac{1}{2} \cdot 1.2 \cdot 10^{-12} \cdot 5.018 \cdot 10^{22} = 3.0 \cdot 10^{10}$$

#### Aufgabe: Radio-42

Was für ein Zeitbereich ist mit der  $^{14}\text{C}$ -Methode zugänglich. Folgende Annahme: die Messgrenze sei ca. 1000 mal kleiner als die Konzentration an  $^{14}\text{C}$ , welche in lebenden Organismen nachgewiesen werden kann.

#### Lösung:

Die Messgrenze ist ca. 1000 mal tiefer als die Konzentration in lebenden Organismen. Nach 10 Halbwertszeiten hat die Konzentration um den Faktor  $2^{10} = 1024$  abgenommen. Damit liegt die Messgrenze bei ca.  $10 \cdot 5730 = \text{ca. } 60'000$  Jahren.

#### Aufgabe: Radio-43

Im lebenden Organismus misst man ca. 16 Zerfälle pro Sekunde pro Gramm Kohlenstoff. In einem alten Holzstück, welches 5 g Kohlenstoff enthält, misst man 44 Zerfälle pro Sekunde. Wie alt ist das Holzstück.

Annahme: linearer Zerfall zwischen zwei Halbwertszeiten,  $T_{1/2}(\text{C})$  betrage 5730 Jahre.

#### Lösung:

noch nichts gemacht

#### Aufgabe: Radio-44

In einem frischen Baumwollgewebe werden 0.27 Bq gemessen.

a) Im Turingrabetuch werden 0.25 Bq gemessen. Wie alt ist das Tuch somit?

b) In einem anderen Gewebe werden 0.1 Bq gemessen. Wie alt ist dieses Gewebe?

Es gilt die Annahme, dass zwischen zwei Halbwertszeiten ein linearer Zerfall stattfindet.

#### Lösung:

Siehe vor allem die Lösung im beigefügten pdf.

**Hinweise:** Bei der Aufgabe a) ist der gemessene Bq-Wert noch vor der ersten Halbwertszeit. Bei der Aufgabe b) liegt der gemessene Bq-Wert zwischen der ersten und zweiten Halbwertszeit.

Musterlösung [\[hier\]](#) als pdf

#### Aufgabe: Radio-50

Unsere Sonne hat eine Leistung von  $3.82 \cdot 10^{26}$  W. Wie gross ist somit der Massenverlust pro Sekunde?

**Hinweis:**  $[\text{W}] = [\text{J/s}] = [\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2]$

#### Lösung:

- Gemäss Einstein gilt  $E = m \cdot c^2$  resp.  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$
- $c$  ist die Lichtgeschwindigkeit, 300'000 km/s
- Umformen der Einstein'schen Gleichung nach  $m$  resp.  $\Delta m$
- $\Delta m = \Delta E / c^2$
- $\Delta m = 3.82 \cdot 10^{26} [\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2] / (300'000'000 \text{ m/s})^2 = 4.24 \cdot 10^9 \text{ kg}$

Der Massenverlust pro Sekunde (!) beträgt also  $4.24 \cdot 10^9$  kg oder ca. 424 Millionen Tonnen.

#### Aufgabe: Radio-51

Es werde ein Gramm  $^{235}_{92}\text{U}$  vollständig gespalten.

a) Berechne die freiwerdende Energie pro Gramm. Pro gespaltenem Kern wird jeweils eine Energie von 200 MeV frei.

Hinweis:  $1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

b) Wie hoch könnte man mit dieser Energie ein Auto ( $m = 1000 \text{ kg}$ ) hochheben?

#### Lösung:

- ▷  $n = m/M$
- ▷  $n(^{235}_{92}\text{U}) = m(^{235}_{92}\text{U}) / M(^{235}_{92}\text{U}) = 1 \text{ g} / 235 \text{ g/mol} = 0.0043 \text{ mol}$
- ▷ wirkliche Anzahl:  $6.022 \cdot 10^{23} \cdot 0.0043 = 2.563 \cdot 10^{21}$  Atome
- ▷ pro Spaltung  $200 \text{ MeV}$  resp.  $200 \cdot 10^6 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.204 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

a) Total also  $8.21 \cdot 10^{10}$  J

b) Mit der Energie kann was gemacht werden, z.B. etwas hochheben:  $E=m \cdot g \cdot h$

$$h = E/(m \cdot g) = 8.21 \cdot 10^{10} / (1000 \cdot 10) = 8210000 \text{ m} = 8210 \text{ km}$$

zum Vergleich Höhe Mount-Everest ca. 8 km über Meer, also 1000· Auto hochheben

### Aufgabe: Radio-52

Es werde ein Gramm  $^{235}_{92}\text{U}$  vollständig gespalten. Pro Gramm werde ca.  $8.21 \cdot 10^{10}$  J Energie frei. Die Schweiz benötigte in den letzten 5 Jahren durchschnittlich rund 810'000 Terajoule Energie pro Jahr. Angenommen, diese Energie möchte man ausschliesslich mit der Spaltung von  $^{235}_{92}\text{U}$  gewinnen. Wie gross wäre eine 'Urankugel'?

Für die Berechnung werden weitere Daten benötigt:

- 1 Terajoule =  $10^{12}$  Joule, Gesamthaft:  $8.1 \cdot 10^{17}$  J
- andere Quellen sprechen von  $2.04 \cdot 10^{17}$  J
- Energie pro Gramm, siehe Aufgabe Radio-26:  $8.21 \cdot 10^{10}$  J
- Dichte Uran  $19.1 \text{ g/cm}^3$

### Lösung:

.....  
a) Berechne die freiwerdende Energie. Pro gespaltenem Kern wird jeweils eine Energie von 200 MeV frei.

$$\text{Hinweis: } 1 \text{ eV} = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

b) Wie hoch könnte man mit dieser Energie ein Auto ( $m = 1000 \text{ kg}$ ) hochheben?

- $n(^{235}_{92}\text{U}) = m(^{235}_{92}\text{U})/M(^{235}_{92}\text{U}) = 1 \text{ g}/235 \text{ g/mol} = 0.0043 \text{ mol}$
- wirkliche Anzahl:  $6.022 \cdot 10^{23} \cdot 0.0043 = 2.563 \cdot 10^{21}$  Atome
- pro Spaltung 200 MeV resp.  $200 \cdot 10^6 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3.204 \cdot 10^{-11} \text{ J}$
- a) Total also  $8.21 \cdot 10^{10}$  J
- b) Mit der Energie kann was gemacht werden, z.B. etwas hochheben:  $E=m \cdot g \cdot h$

$$h = E/(m \cdot g) = 8.21 \cdot 10^{10} / (1000 \cdot 10) = 8210000 \text{ m} = 8210 \text{ km}$$

zum Vergleich Höhe Mount-Everest ca. 8 km über Meer, also 1000· Auto hochheben

## Thema: Redox, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [Redox-01](#) : Oxidationszahlen
- Ab [Redox-10](#) : Definitionen
- Ab [Redox-20](#) : Redox-tabelle, Elektrodenpotentiale
- Ab [Redox-30](#) : Nernstgleichung anwenden
- Ab [Redox-40](#) : Batterien - Autobatterie
- Ab [Redox-50](#) : Elektrolyse

### Aufgabe: Redox-01

Bestimme die Oxidationszahlen aller beteiligten Atome

- H<sub>2</sub>
- F<sub>2</sub>
- Na<sup>+</sup>
- S<sup>2-</sup>
- H<sub>2</sub>O
- Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>
- CH<sub>4</sub>
- CH<sub>3</sub>F
- CHF<sub>3</sub>
- CH<sub>4</sub>O
- N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>
- NO
- HNO<sub>3</sub>
- H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>
- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

**Hinweis:** Bei neutralen Molekülen gilt, dass die Summe der Oxidationszahlen gleich 0 sein muss, ansonsten ist die Summe gleich der Ladung

**Lösung:**

Start-Tabelle-2

a) H <sub>2</sub>	H: 0		
b) F <sub>2</sub>	F: 0		
c) Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> : +I		
d) S <sup>2-</sup>	S <sup>2-</sup> : -II		
e) H <sub>2</sub> O	H: +I	O: -II	
f) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Fe: +III	O: -II	
g) CH <sub>4</sub>	C: -IV	H: +I	
h) CH <sub>3</sub> F	F: -I	H: +I	C: -II
i) CHF <sub>3</sub>	F: -I	H: +I	C: +II
j) CH <sub>4</sub> O	O: -II	H: +I	C: -II
k) N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	N: +IV	O: -II	
l) NO	N: +II	O: -II	
m) HNO <sub>3</sub>	H: +I	N: +V	O: -II
n) H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	H: +I	O: -II	
o) NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N: -III	H: +I	

### Aufgabe: Redox-10

Definiere folgende Begriffe im Zusammenhang Elektronenabgabe - Elektronenaufnahme.

- a) Reduktion
- b) Oxidation
- c) Reduktionsmittel
- d) Oxidationsmittel

**Lösung:**

- a) Reduktion: Der Stoff selbst nimmt Elektronen auf
- b) Oxidation: Der Stoff selbst gibt Elektronen ab
- c) Reduktionsmittel: Der Stoff selbst drückt einem anderen (!! ) Stoff Elektronen auf, **wirkt** also reduzierend auf den anderen Stoff. Der Stoff selbst verliert also Elektronen, gibt also Elektronen ab, **wird** somit oxidiert.  
Kurz: **Wirkt** reduzierend und **wird** oxidiert.
- d) Oxidationsmittel: Der Stoff selbst nimmt von einem anderen (!! ) Stoff Elektronen auf, **wirkt** also oxidierend auf den anderen Stoff. Der Stoff selbst nimmt also Elektronen auf, **wird** also reduziert.  
Kurz: **Wirkt** oxidierend und **wird** reduziert.

### Aufgabe: Redox-11

Definiere folgende Begriffe im Zusammenhang mit den Oxidationszahlen

- a) Reduktion
- b) Oxidation

**Lösung:**

- a) Reduktion: Elektronen werden aufgenommen, die Oxidationszahl wird kleiner, 'reduziert' sich
- b) Oxidation: Elektronen werden abgegeben, die Oxidationszahl steigt

### Aufgabe: Redox-12

Methan, CH<sub>4</sub>, wird verbrannt.

- a) Formuliere die Reaktionsgleichung
- b) Bestimme alle Oxidationszahlen
- c) Wende die Begriffe Reduktion und Oxidation an
- d) Ist O<sub>2</sub> ein Oxidationsmittel oder Reduktionsmittel. Begründe die Wahl.

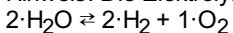
**Lösung:**

- a)  $\text{CH}_4 + 2 \cdot \text{O}_2 \rightarrow 2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- b) Aufgelistet wird jeweils der Übergang vom Edukte zum Produkt  
H: +I → +I  
C: -IV → +IV  
O: 0 → O in H<sub>2</sub>O: -II    O in CO<sub>2</sub>: -II
- c) Wasserstoff: Die Oxzahlen des H verändern sich nicht  
Kohlenstoff: Veränderung von -IV auf +IV: Oxidation  
Sauerstoff: Veränderung von 0 auf -II: Reduktion
- d) Die Oxzahlen des Sauerstoff gehen von 0 (in O<sub>2</sub>) auf jeweils -II. Das O<sub>2</sub> wird also reduziert, ist hier also das Oxidationsmittel.

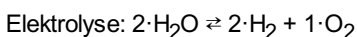
### Aufgabe: Redox-13

Ist die Elektrolyse von Wasser eine Säure-Base Reaktion oder eine Redox-Reaktion? Begründe!

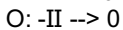
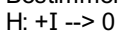
Hinweis: Die Elektrolyse ist die Zerlegung des Wassers in seine Bestandteile mit Hilfe von Strom:



**Lösung:**



Bestimmen aller Oxidationszahlen, vom Edukte zum Produkt:



Die Oxidationszahlen ändern sich, das heisst also, dass es sich hier um eine Redoxreaktion handelt.

### Aufgabe: Redox-14

Beantworte folgende Fragen. Gib jeweils als Beweisführung auch Beispiele an.

- Sind Metalle immer Reduktionsmittel?

- Sind Metallionen immer Oxidationsmittel?

**Lösung:**

- Sind Metalle immer Reduktionsmittel? Ja  
Beachte, dass die Rede von Metallen ist  
also z.B...  $Me \rightarrow Me^+$   
Redmittel: Wirken reduzierend und werden oxidiert  
 $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$   
 $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$
- Sind Metallionen immer Oxidationsmittel? Nein  
Beachte, dass die Rede von Metallionen ist  
Oxmittel: wirken oxidierend und werden reduziert  
 $Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$   
 $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$   
 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$   
ABER ...  $Cu^+$  kann (je nach Situation) zu  $Cu^{2+}$  oxidiert oder zu  $Cu$  reduziert werden.

**Aufgabe: Redox-15**

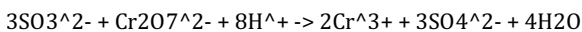
Gegeben sei nachfolgende Gleichung. Gleiche sie aus, bestimme alle Oxidationszahlen, wo findet die Oxidation statt, wo die Reduktion?  
 $Ag + HNO_3 \rightleftharpoons AgNO_3 + NO_2 + H_2O$

**Lösung:**

$Ag + 2HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + NO_2 + H_2O$
$Ag(0) + 2H(+i)N(+v)O_3(-ii) \rightarrow Ag(+i)N(+v)O(-ii)_3 + N(+iv)O(-ii)_2 + H(+i)2O(-ii)$
{Ag: } {0} -> {+1} {Oxidation}
{N: } {+V} -> {+IV} {Reduktion}
{H: } {+I} -> {+I} {keine Änderung}
{O: } {-II} -> {-II} {keine Änderung}

**Aufgabe: Redox-16**

Gegeben sei nachfolgende, schon ausgeglichene Reaktionsgleichung. Bestimme alle Oxidationszahlen. Wo findet die Oxidation statt, wo die Reduktion?

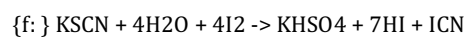
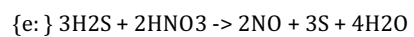
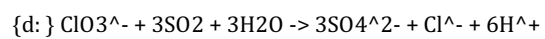
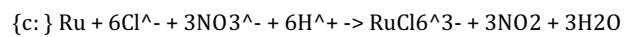
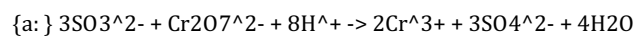


**Lösung:**

$\{ \} 3S(+iv)O_3(-ii)^{2-} + Cr(+vi)2O_7(-ii)^{2-} + 8H(+i)^+ \rightarrow 2Cr(+iii)^3+ + 3S(+vi)O_4(-ii)^{2-} + 4H(+i)2O(-ii)$
{S: } {+IV} -> {+VI} {Oxidation}
{Cr: } {+VI} -> {+III} {Reduktion}
{H: } {+I} -> {+I} {keine Änderung}

**Aufgabe: Redox-17**

Gegeben seien nachfolgende, schon ausgeglichene Reaktionsgleichungen. Bestimme alle Oxidationszahlen. Wo findet die Oxidation statt, wo die Reduktion? Falls sich die Oxidationszahl nicht ändert, so gib dies ebenfalls an.



**Lösung:**

{a: } $3\text{S}^{(+iv)}\text{O}^{(-ii)}3^{+2-} + \text{Cr}^{(+vi)}2\text{O}^{(-ii)}7^{+2-} + 8\text{H}^{(+i)}^{+} \rightarrow 2\text{Cr}^{(+iii)}3^{+} + 3\text{S}^{(+vi)}\text{O}^{(-ii)}4^{+2-} + 4\text{H}^{(+i)}2\text{O}^{(-ii)}$
\$itemColor1(white){leeeer} {S: } {IV} -> {VI} {: Oxidation}
\$itemColor1(white){leeeer} {Cr: } {VI} -> {III} {: Reduktion}
\$itemColor1(white){leeeer} {H: } {+I} -> {+I} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {O: } {-II} -> {-II} {: keine Änderung}
{b:} $\text{N}^{(-ii)}2\text{H}^{(+i)}4 + 4\text{Fe}^{(+iii)}(\text{C}^{(+ii)}\text{N}^{(-iii)})6^{+3-} + 4\text{O}^{(-ii)}\text{H}^{(+i)} \rightarrow \text{N}(\text{O})2 + 4\text{Fe}^{(+ii)}(\text{C}^{(+ii)}\text{N}^{(-iii)})6^{+4-} + 4\text{H}^{(+i)}2\text{O}^{(-ii)}$
\$itemColor1(white){leeeer} {N: } {-II} -> {0} {: Oxidation}
\$itemColor1(white){leeeer} {Fe: } {+III} -> {+II} {: Reduktion}
\$itemColor1(white){leeeer} {H: } {+I} -> {+I} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {C: } {+II} -> {+II} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {O: } {-II} -> {-II} {: keine Änderung}
{c:} $\text{Ru}(\text{O}) + 6\text{Cl}^{(-i)} + 3\text{N}^{(+v)}\text{O}^{(-ii)}3^{+} + 6\text{H}^{(+i)} \rightarrow \text{Ru}^{(+iii)}\text{Cl}^{(-i)}6^{+3-} + 3\text{N}^{(+iv)}\text{O}^{(-ii)}2 + 3\text{H}^{(+i)}2\text{O}^{(-ii)}$
\$itemColor1(white){leeeer} {Ru: } {0} -> {+III} {: Oxidation}
\$itemColor1(white){leeeer} {N: } {+V} -> {+IV} {: Reduktion}
\$itemColor1(white){leeeer} {Cl: } {-I} -> {-I} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {H: } {+I} -> {+I} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {O: } {-II} -> {-II} {: keine Änderung}
{d:} $\text{Cl}^{(+v)}\text{O}3^{(-ii)} + 3\text{S}^{(+iv)}\text{O}2^{(-ii)} + 3\text{H}2^{(+i)}\text{O}^{(-ii)} \rightarrow 3\text{S}^{(+vi)}\text{O}4^{(-ii)}2 + \text{Cl}^{(-i)} + 6\text{H}^{(+i)}$
\$itemColor1(white){leeeer} {Cl: } {+V} -> {-I} {: Reduktion}
\$itemColor1(white){leeeer} {S: } {+IV} -> {+VI} {: Oxidation}
\$itemColor1(white){leeeer} {H: } {+I} -> {+I} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {O: } {-II} -> {-II} {: keine Änderung}
{e:} $3\text{H}^{(+i)}2\text{S}^{(-ii)} + 2\text{H}^{(+i)}\text{N}^{(+v)}\text{O}^{(-ii)}3 \rightarrow 2\text{N}^{(+ii)}\text{O}^{(-ii)} + 3\text{S}(\text{O}) + 4\text{H}^{(+i)}2\text{O}^{(-ii)}$
\$itemColor1(white){leeeer} {S: } {-II} -> {0} {: Oxidation}
\$itemColor1(white){leeeer} {N: } {+V} -> {+III} {: Reduktion}
\$itemColor1(white){leeeer} {H: } {+I} -> {+I} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {O: } {-II} -> {-II} {: keine Änderung}
{f:} $\text{K}^{(+i)}\text{S}^{(-ii)}\text{C}^{(iv)}\text{N}^{(-iii)} + 4\text{H}^{(+i)}2\text{O}^{(-iii)} + 4\text{I}(\text{O})2 \rightarrow \text{K}^{(+i)}\text{H}^{(+i)}\text{S}^{(+vi)}\text{O}^{(-ii)}4 + 7\text{H}^{(+i)}\text{I}^{(-i)} + \text{I}^{(+i)}\text{C}^{(+ii)}\text{N}^{(-iii)}$
\$itemColor1(white){leeeer} {S: } {-II} -> {+VI} {: Oxidation}
\$itemColor1(white){leeeer} {C: } {+IV} -> {+II} {: Reduktion}
\$itemColor1(white){leeeer} {I: } {0} -> {-I} {: Reduktion}
\$itemColor1(white){leeeer} {K: } {+I} -> {+I} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {H: } {+I} -> {+I} {: keine Änderung}
\$itemColor1(white){leeeer} {O: } {-II} -> {-II} {: keine Änderung}

### Aufgabe: Redox-18

Gegeben sei nachfolgende, schon ausgeglichene Reaktionsgleichung. Bestimme alle Oxidationszahlen. Wo findet die Oxidation statt, wo die Reduktion?

Was ist hier besonders ?



**Lösung:**

$\text{Cl}(0)_2 + 2\text{Na}(+1)\text{O}(-2)\text{H}(1) \rightarrow \text{Na}(+1)\text{Cl}(-1) + \text{Na}(+1)\text{Cl}(1)\text{O}(-2) + \text{H}(+1)2\text{O}(-2)$
{Cl: } {0} -> {-1} {: Reduktion}
{Cl: } {0} -> {+1} {: Oxidation}
{H: } {+1} -> {+1} {: keine Änderung}
{Na: } {+1} -> {+1} {: keine Änderung}
{O: } {-2} -> {-2} {: keine Änderung}

Es wird also beobachtet, dass das Chlor gleichzeitig oxidiert und reduziert wird! In solch einem Fall wird von einer **Disproportionierung** gesprochen. Und für Spezialisten: Die umgekehrt verlaufende Reaktion nennt man Komproportionierung oder Synproportionierung.

**Aufgabe: Redox-19**

Gegeben sei nachfolgende, schon ausgeglichene Reaktionsgleichung. Bestimme alle Oxidationszahlen. Wo findet die Oxidation statt, wo die Reduktion?  
Was ist hier besonders ?

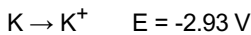
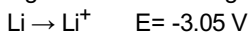
**Lösung:**

todo

**Aufgabe: Redox-20**

Beantworte folgende Fragen mit ja oder nein. Ja heisst, dass die komplette Frage (also auch eventuell vorkommende Nebensätze) korrekt ist.

Im folgenden wird von folgender Tabelle ausgegangen:



...



- a) Reduktionsmittel stehen in der Redox-tabelle links.
- b) Oxidationsmittel stehen in der Redox-tabelle rechts.
- c) Je weiter oben in der Redox-tabelle ein Oxidationsmittel (rechts) steht, desto stärker ist es.
- d) Bei einer Oxidation werden Elektronen vom Oxidationsmittel abgegeben.
- e) Alle Metalle können rosten.
- f) Eine Substanz wird oxidiert, wenn sie ...
  - Protonen abgibt.
  - Protonen aufnimmt.
  - Elektronen abgibt.
  - Elektronen aufnimmt.
- g) An der Anode findet immer die Oxidation statt.
- h) Ein starkes Oxidationsmittel hat eine geringe Tendenz, Elektronen aufzunehmen.
- i) Ein starkes Oxidationsmittel hat eine grosse Tendenz, selber reduziert zu werden.

**Lösung:**

- a) Korrekt
- b) Korrekt
- c) Falsch, je weiter unten rechts, desto stärker ist das Oxidationsmittel
- d) Falsch, korrekt wäre: Reduktionsmittel gibt Elektronen ab
- e) Falsch. korrekt wäre: Rosten ist eine spezielle Form der Korrosion von Eisen oder
  - Alle Metalle können oxidiert werden, aber nicht alle rosten.
- f) Korrekt wäre: Eine Substanz wird oxidiert, wenn sie Elektronen abgibt
- g) Korrekt. Per Definition ist die Anode der Ort der Oxidation (Elektronenabgabe). Das gilt immer, unabhängig davon, ob es sich um galvanische Zelle oder eine Elektrolyse handelt.
- h) Falsch. Korrekt wäre: ... hat eine grosse Tendenz, Elektronen aufzunehmen
- i) Korrekt.

**Aufgabe: Redox-21**

Zinn (Sn) wird in eine saure Lösung gegeben. Notiere die Reaktionsgleichung, Oxidation sowie Reduktion. Ist die Säure hier ein Oxidationsmittel ?

**Lösung:**

- $\text{Sn} + 2\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Sn}^{2+} + \text{H}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$ , Oxzahlen 0  $\rightarrow$  +II, Oxidation
- Anstelle  $\text{H}_3\text{O}^+$ :  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$   
 $2\cdot\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$ , Oxzahlen +I  $\rightarrow$  0, Reduktion
- Ja, die Oxidationszahlen der Säure nehmen von +I auf 0 ab:  
 Ein Oxidationsmittel wirkt oxidierend un

### Aufgabe: Redox-22

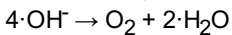
Ein Stück Silber (Ag) wird in eine 1 mol/Liter NaOH gegeben. Notiere die Reaktionsgleichung, Oxidation sowie Reduktion.

#### Lösung:

In 1 mol/L NaOH passiert mit metallischem Silber (Ag) unter normalen Bedingungen keine Redoxreaktion. Silber ist zu edel:  $\text{OH}^-$  (und Wasser) sind kein Oxidationsmittel, das Ag zu  $\text{Ag}^+$  oxidieren könnte.

### Aufgabe: Redox-23

Die Gleichung für den Anodenraum (pH=14) lautet bei der Elektrolyse:



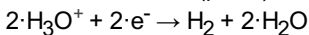
Beschreibe die gleiche Situation (inklusive der Elektronen) für insgesamt für  $6\cdot\text{H}_2\text{O}$  !

#### Lösung:

- $4\cdot\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O}$  resp. genauer:
- $4\cdot\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O} + 4\cdot\text{e}^-$  // plus  $4\text{H}^+$
- $4\cdot\text{OH}^- + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{O}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{H}^+ + 4\cdot\text{e}^-$
- $4\cdot\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\cdot\text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{H}^+ + 4\cdot\text{e}^-$  // plus  $2\cdot\text{H}_2\text{O}$
- $6\cdot\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\cdot\text{H}_3\text{O}^+ + (2\text{H}^+ + 2\cdot\text{H}_2\text{O}) + 4\cdot\text{e}^-$
- $6\cdot\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\cdot\text{H}_3\text{O}^+ + (2\cdot\text{H}_3\text{O}^+) + 4\cdot\text{e}^-$
- $6\cdot\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\cdot\text{H}_3\text{O}^+ + 4\cdot\text{e}^-$

### Aufgabe: Redox-24

Im Kathodenraum (pH=0) lautet die Reaktionsgleichung



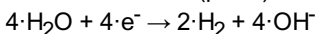
Forme derart um, dass auf der rechten Seite  $4\cdot\text{OH}^-$  erscheinen.

#### Lösung:

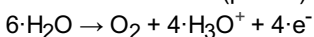
- $2\cdot\text{H}_3\text{O}^+ + 2\cdot\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\cdot\text{H}_2\text{O}$  // -  $2\cdot\text{H}^+$
- $2\cdot\text{H}_2\text{O} + 2\cdot\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\cdot\text{OH}^-$  //  $\cdot 2$
- $4\cdot\text{H}_2\text{O} + 4\cdot\text{e}^- \rightarrow 2\cdot\text{H}_2 + 4\cdot\text{OH}^-$

### Aufgabe: Redox-25

Im Kathodenraum (pH=0) lautet die Reaktionsgleichung



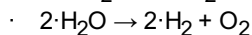
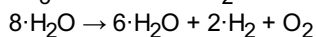
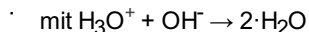
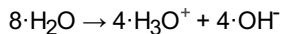
und im Anodenraum (pH=14)



Vereinfache soweit wie möglich !

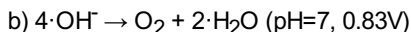
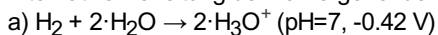
#### Lösung:

- a)  $4\cdot\text{H}_2\text{O} + 4\cdot\text{e}^- \rightarrow 2\cdot\text{H}_2 + 4\cdot\text{OH}^-$
- b)  $6\cdot\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\cdot\text{H}_3\text{O}^+ + 4\cdot\text{e}^-$
- a) + b)  
 $4\cdot\text{H}_2\text{O} + 6\cdot\text{H}_2\text{O} + 4\cdot\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 4\cdot\text{H}_3\text{O}^+ + 4\cdot\text{e}^- + 2\cdot\text{H}_2 + 4\cdot\text{OH}^-$   
 $10\cdot\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\cdot\text{H}_2 + 4\cdot\text{H}_3\text{O}^+ + 4\cdot\text{OH}^-$
- mit  $2\cdot\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\cdot\text{H}_2$  // beide Seiten abziehen



### Aufgabe: Redox-26

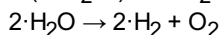
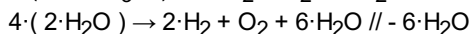
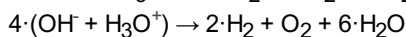
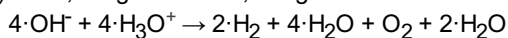
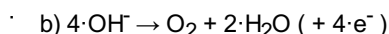
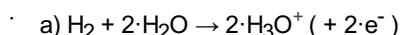
Alternative Herleitung der vorhergehenden Gleichung. Start:



Die Reaktion wäre ja Bergauf resp. unten links nach oben rechts. Formuliere die gesamte Reaktion mit dem Hinweis, dass die Reaktion  $\cdot 2$  gemacht werden müsste.

Nebenfrage ... wieso  $\cdot 2$

#### Lösung:

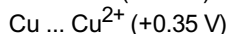
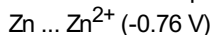


### Aufgabe: Redox-27

Nach einem Versuch ist eine Zinksulfatlösung mit Kupferionen verunreinigt. Wie können die Kupferionen effizient entfernt werden? Weshalb funktioniert eine Destillation sowie Filtration nicht?

#### Lösung:

- Es handelt sich um Lösungen (mit Wasser) und nicht um zwei verschiedene Lösungsmittel wie Alkohol und Wasser. Eine Destillation ist daher nicht möglich
- Eine Filtration ist nur dann möglich, falls ein Feststoff sowie eine Flüssigkeit vorliegen. In diesem Fall sind es nur in Wasser gelöste, einzelne Ionen. Diese sind von ihrer Grösse viel zu klein im Vergleich zur Porengrösse eines Filters
- Blick auf Elektrodenpotential-Tabelle:



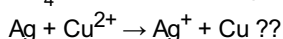
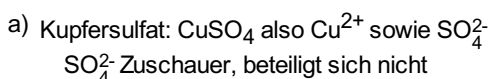
Wenn also eine Zn-Platte in .....

### Aufgabe: Redox-29

Beurteile anhand der Redox-tabelle, ob folgende Reaktionen möglich sind.

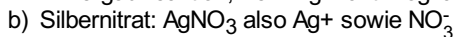
- Ag in Kupfersulfat
- Silbernitrat in Kupfer
- Man lasse (elementares) Brom mit Eisen reagieren. Brom liege im Überschuss vor.
- Magnesium in 1 M HCl
- Wie kann aus Silbernitrat das Silber in fester Form gewonnen werden. Als Hilfsmittel sind nur Säuren oder Basen erlaubt.
- Gold soll in einer Lösung aufgelöst werden. Gib eine geeignete Variante an.

#### Lösung:

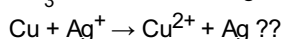


Redox-tabelle von links -> rechts interpretieren

Bergaufreaktion, freiwillig nicht möglich

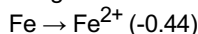


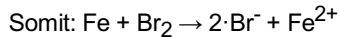
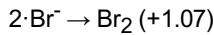
$\text{NO}_3^-$  Zuschauer, beteiligt sich nicht



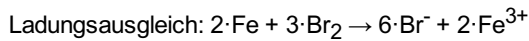
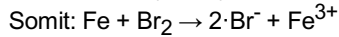
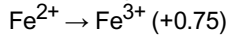
Redox-tabelle von links -> rechts interpretieren

Bergabreaktion, freiwillige Reaktion

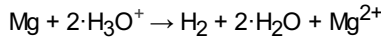
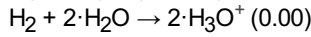
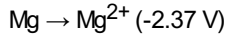
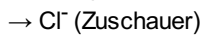




Aber ... es geht noch weiter:



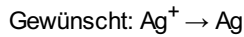
d) Zur Erinnerung: 1 M HCl



Bergabreaktion, freiwillige Reaktion

Magnesium löst sich auf, es bildet sich  $\text{H}_2$  Gas

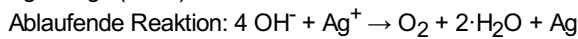
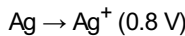
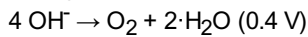
e) Silbernitrat:  $\text{AgNO}_3$  also  $\text{Ag}^+$  sowie  $\text{NO}_3^-$



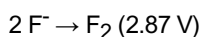
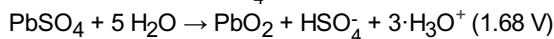
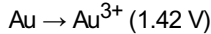
In unserem Fall ist  $\text{Ag}^+$  also das Oxidationsmittel !

Gesucht sind Reduktionsmittel (Säure oder Base)

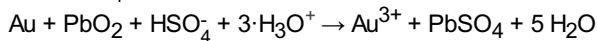
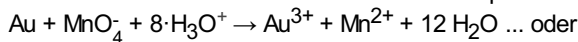
Verfügbar ist aber nur die Base ( $\text{OH}^-$ )



Gemäss Redox-Tabelle gibt es unter Gold noch folgende freiwillige Bergabreaktionen:



Gemäss Aufgabe soll eine Lösung hergestellt werden. Die Reaktion mit  $\text{F}_2$  wäre theoretisch möglich, jedoch bildet sich ein Salz. Daher sind nur die Varianten mit 1.51 V resp. 1.68 V korrekt.



### Aufgabe: Redox-30

- Wie lautet die Nernst'sche Gleichung ?
- Wie lautet die Nernst'sche Gleichung für verdünnte Lösungen des gleichen Metallions
- Gegeben sei eine konzentrierte  $\text{Cu}^{2+}$ -Lösung sowie eine verdünnte  $\text{Cu}^{2+}$ -Lösung, in welche jeweils eine Cu-Elektrode ragt. Lösungen, nur getrennt durch ein Diaphragma, miteinander verbunden sind? Verwende unter anderem die Begriffe Reduktion, Oxidation, Prozess an der Kathode resp. Anode.
- Wie berechnet sich die Spannung zwischen zwei unterschiedlichen Halb-Zellen ?
- Berechne das Potential einer Silberzelle mit der Konzentration von 0.1 mol/l
- Berechne das Potential einer Silberzelle mit der Konzentration von 0.01 mol/l
- Wie gross ist die Spannung zwischen zwei Halbzellen mit der Spannung 0.1 resp. 0.01 mol/L
- Eine Zinkhalbzelle wird um den Faktor 1000 verdünnt. Berechne den Spannungsabfall resp. das neue Potential.

### Lösung:

Was passiert, wenn die

- $E = E^0 + 0.059/n \cdot \log(c^a(\text{Oxidierter Form})/c^b(\text{Reduzierter Form}))$
- $E = E^0 + 0.059/n \cdot \log(c(\text{verdünnte Lösung})/c(\text{konzentrierte Lösung}))$
- Schlussendlich müssen die beiden Lösungen die gleiche Konzentration aufweisen. Daher:
  - Die Konzentration muss bei der höheren Konzentration Lösung abnehmen. Der einzige Weg wäre, dass die Kupferionen zu elementarem Kupfer werden ( $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}$ ), es muss also eine Reduktion stattfinden, definitionsgemäss an der Kathode.
  - Umgekehrt gilt, dass die tiefere Konzentration dieselbe erhöhen muss. Dies geht nur so, dass festes Kupfer (aus den Elektroden) gewonnen wird,  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ , (Oxidation), welche in die Lösung gehen. Der Oxidations-Prozess findet an der Anode statt.
- $\Delta E = E_{\text{Kathodenreaktion}} - E_{\text{Anodenreaktion}}$
- $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ ,  $E^0=0.8 \text{ V}$ ,  $z=1$ 
  - reduzierte Form Ag,  $c(\text{Ag}) = 1$
  - oxidierte Form  $\text{Ag}^+$ ,  $c(\text{Ag}^+)= 0.1 \text{ mol/L}$
  - $E_1 = 0.8 + 0.059/1 \cdot \log(0.1/1) = 0.741 \text{ V}$
  - oder ..  $E_1 = 0.8 - 0.059/1 \cdot \log(1/0.1) = 0.741 \text{ V}$
- $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ ,  $E^0=0.8 \text{ V}$ ,  $z=1$

- reduzierte Form Ag,  $c(\text{Ag}) = 1 \text{ mol/L}$
- oxidierte Form  $\text{Ag}^+$ ,  $c(\text{Ag}^+) = 0.01 \text{ mol/L}$
- $E_2 = 0.8 + 0.059/1 \cdot \log(0.01/1) = 0.682 \text{ V}$
- oder ..  $E_2 = 0.8 - 0.059/1 \cdot \log(1/0.01) = 0.682 \text{ V}$

g) Aus den vorherigen Berechnungen ergibt sich:

- $[\text{Ag}^+] = 0.1 \text{ mol/L} \rightarrow E_1 = 0.741 \text{ V}$
- $[\text{Ag}^+] = 0.01 \text{ mol/L} \rightarrow E_2 = 0.682 \text{ V}$
- $\Delta E = E_1 - E_2 = 0.06 \text{ V}$

h)  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ ,  $E^0 = -0.76 \text{ V}$ ,  $z=2$

- reduzierte Form Zn,  $c(\text{Zn}) = 1 \text{ mol/L}$
- oxidierte Form  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $c(\text{Zn}^{2+}) = 0.001 \text{ mol/L}$
- $E = E^0 + 0.059/2 \cdot \log(0.001/1) = -0.849 \text{ V}$

### Aufgabe: Redox-31

Berechne jeweils das Potential für folgende gegebene Lösungen resp. Reaktionen. Gegeben sei ebenfalls:

$$E = E^0 + 0.059/n \cdot \log(c^a(\text{Oxidierter Form})/c^b(\text{Reduzierter Form}))$$

- $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$ ,  $c(\text{Zn}^{2+}) = 0.1 \text{ mol/L}$
- $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ ,  $c(\text{Cl}^-) = 2 \text{ mol/L}$
- $\text{Mn}^{2+} + 12 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}_3\text{O}^+$ ,  $c(\text{Mn}^{2+}) = x$ ,  $c(\text{MnO}_4^-) = y$

**Lösung:**

- $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$ ,  $n=2$ ,  $E^0(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0.76 \text{ V}$ 
  - $c(\text{Reduzierte Spezies}) = c(\text{Zn}) = 1$ , da fester Stoff
  - $c(\text{Oxidierter Spezies}) = c(\text{Zn}^{2+}) = 0.1 \text{ mol/L}$
  - $E = -0.76 + 0.059/2 \cdot \log(0.1/1) = -0.7895 \text{ V}$
- $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2$ ,  $n=2$ ,  $E^0(2 \text{Cl}^-/\text{Cl}_2) = 1.36 \text{ V}$ 
  - $c(\text{Reduzierte Spezies}) = c(\text{Cl}^-) = 2 \text{ mol/L}$
  - $c(\text{Oxidierter Spezies}) = c(\text{Cl}_2) = 1$ , da gasförmiger Stoff
  - $E = 1.36 + 0.059/2 \cdot \log(1/c^2(\text{Cl}^-))$
  - $E = 1.36 + 0.059/2 \cdot \log(1/4) = 1.34 \text{ V}$
- $\text{Mn}^{2+} + 12 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}_3\text{O}^+$ ,  $E^0(\dots) = 1.51 \text{ V}$ 
  - Oxzahlen bei  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{H}_3\text{O}^+$  ändern sich nicht !
  - Oxzahlen: Mn: +II  $\rightarrow$  +VII
  - $c(\text{Reduzierte Spezies}) = c(\text{Mn}^{2+}) = x$
  - $c(\text{Oxidierter Spezies}) = c(\text{MnO}_4^-) = y$
  - $E = 1.51 + 0.059/5 \cdot \log(y/x)$

### Aufgabe: Redox-32

Welche Spannung errechnet sich für das Daniell-Element, wenn bei 298 K die Konzentration der Zinksulfatlösung 0.001 mol/L und die der Kupfersulfatlösung 0.8 mol/L beträgt.

**Lösung:**

Beobachtung:  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$

- $c(\text{reduzierte Form}) = c(\text{Zn}) = 1.0$  (Feststoff)
- $c(\text{oxidierte Form}) = c(\text{Zn}^{2+})$
- $E_1(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0.76 + 0.059/2 \cdot \log(c(\text{Zn}^{2+})/c(\text{Zn}))$
- $E_1 = -0.76 + 0.059/2 \cdot \log(0.001/1) = -0.849 \text{ V}$

Beobachtung  $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}$

- $c(\text{reduzierte Form}) = c(\text{Cu})$  (Feststoff)
- $c(\text{oxidierte Form}) = c(\text{Cu}^{2+})$
- $E_2(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = 0.35 + 0.059/2 \cdot \log(c(\text{Cu}^{2+})/c(\text{Cu}))$
- $E_2 = 0.35 + 0.059/2 \cdot \log(0.8/1.0) = +0.347 \text{ V}$

$$\Delta E = E_{\text{Kathodenreaktion}} - E_{\text{Anodenreaktion}}$$

- Kathodenreaktion: Dort findet definitionsgemäss eine Reduktion statt
- Reduktion:  $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}$ , also  $E_2$
- $\Delta E = E_2 - E_1 = 0.347 - (-0.849) = 1.196 \text{ V}$

### Aufgabe: Redox-33

- a) Welche Spannung errechnet sich für das Daniell-Element, wenn bei 298 K die Konzentration der Zinksulfatlösung und die der Kupfersulfatlösung jeweils 1 mol/L beträgt. Gib hierzu die allgemein gültig Gleichung an.  
 b) Berechne die neuen Spannungen wenn angenommen wird, dass nach jeweils 15 Minuten die Konzentrationen sich jeweils um 0.1 mol/L geändert haben.

**Lösung:**

Aus der vorherigen Aufgabe können  $E_1$  sowie  $E_2$  übernommen werden. Ebenfalls wird die Darstellung ein wenig vereinfacht, weil die Konzentration des Feststoffes 1 mol/l beträgt

a) Es gilt von früher:

- $E_1(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0.76 + 0.059/2 \cdot \log(c(\text{Zn}^{2+}))$
- $E_2(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = 0.35 + 0.059/2 \cdot \log(c(\text{Cu}^{2+}))$
- $\Delta E = E_2 - E_1$
- =  $0.35 + 0.059/2 \cdot \log(c(\text{Cu}^{2+})) - (-0.76 + 0.059/2 \cdot \log(c(\text{Zn}^{2+})))$
- =  $1.11 + 0.059/2 \cdot (\log(c(\text{Cu}^{2+})) - \log(c(\text{Zn}^{2+})))$
- =  $1.11 + 0.059/2 \cdot \log(c(\text{Cu}^{2+})/c(\text{Zn}^{2+}))$

b) Die Kupferionenkonzentration nimmt an, die Zinkkonzentration nimmt zu.

$$\Delta E = 1.11 + 0.059/2 \cdot \log(c(\text{Cu}^{2+})/c(\text{Zn}^{2+}))$$

$c(\text{Cu}^{2+})$	$c(\text{Zn}^{2+})$	$\Delta E$
1	1.0	1.11
0.9	1.1	1.107
0.8	1.2	1.105
0.6	1.4	1.099
0.4	1.6	1.092
0.2	1.8	1.082
0.001	1.999	1.012

**Aufgabe: Redox-40**

Erkläre bei einer Autobatterie folgende Prozesse:

- a) Entladen
- b) Laden

**Lösung:**

Noch nichts gemacht

**Aufgabe: Redox-41**

Bei einer Autobatterie steht folgender Zusatz: 100 Ah, 12 v  
 Wie viele Elektronen (in mol) können also innerhalb 5 h fließen?

**Lösung:**

1. Hinweis: die Anzahl der fließenden Elektronen ist unabhängig von der Zeit, es kommt also nicht drauf an, ob die gesamte Ladung in 5 h oder auch nur in einer Stunde fließt
2. Hinweis: der Zusatz A (Ampere) ist eine Angabe, wie viele Elektronen pro Sekunde fließen können: 1 C/s = 1 Ampere  
 Es gilt allgemein: eine Batterie mit 100 Ah kann z.B. 10 Stunden mit 10 Ampere betrieben werden, oder 1 Stunde mit 100 Ampere etc.  
 Nicht verwirren lassen resp. übersehen: Ampere ist die Angabe einer Ladung pro Sekunde (genauer: 1 Coulomb pro Sekunde)  
 Prinzipiell ist die Angabe Ah nichts anderes als eine versteckte Coulombangabe:  
 $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s} = 1 \text{ A} \cdot \text{h} / 3600 = 0.000277 \text{ Ah}$   
 100 Ah sind somit 360000 Coulomb  
 Die Ladung eines Elektrons beträgt  $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Somit entspricht ein Coulomb  $6.242 \cdot 10^{18}$  Elektronen (pro Sekunde !)  
 Insgesamt werden also  $2.24 \cdot 10^{24}$  Elektronen = ca. 3.73 mol Elektronen

**Aufgabe: Redox-42**

Eine Autobatterie sei voll geladen und enthalte 1.5 Liter einer 30% Schwefelsäure-Mischung. 'Leer' sei die Konzentration nur noch 20%.  
 Wie viel Blei resp. Bleioxid wurde jeweils umgesetzt?  
 Hinweis: Die Dichte der 30% Schwefelsäure-Lösung betrage 1.84 g/cm<sup>3</sup>. Entladen sei die Dichte gleich gross.

**Lösung:**

- % bezieht sich auf Massenprozent
- 1 Liter hat eine Masse von 1840 Gramm. 1.5 Liter somit 2760 g
- Insgesamt werden 10% umgesetzt (von 30% → 20%), d.h. 276 Gramm

- Die ausgeglichene Reaktionsgleichung lautet:  

$$1 \cdot \text{Pb} + 1 \cdot \text{PbO}_2 + 2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{PbSO}_4 + 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$$

Damit ergibt sich folgendes Szenario:

Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	276	2.816
Pb	207.2	291.77	1.408
PbO <sub>2</sub>	239.2	336.79	1.408

Es wurden also total 291.77 Gramm Blei sowie 336.79 Gramm Bleioxid (PbO<sub>2</sub>) umgesetzt

### Aufgabe: Redox-50

Ergänze die folgenden Lücken durch sinnvollen Inhalt. Bei der betrachteten Reaktion handelt es sich um die Elektrolyse von Wasser.

... geladene Oxonium-Ionen (...) wandern im elektrischen Feld zu der ... geladenen Elektrode (Kathode), wo sie jeweils ein Elektron ... . Dabei entstehen Wasserstoff-Atome, die sich mit einem weiteren, durch ... entstandenen H-Atom zu einem Wasserstoffmolekül vereinigen. Übrig bleiben Wassermoleküle.

Der abgeschiedene, gasförmige Wasserstoff steigt an der Kathode auf, wobei der Kathodenraum ... wird. Die negativ geladenen Hydroxid-Anionen wandern zur ... Anode, wobei sich Hydroxidionen mit Protonen (H<sup>+</sup> resp. H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) zu Wasser neutralisieren oder sich an der Anode unter ... zu Sauerstoff umwandeln.

Auch hier steigt der abgeschiedene Sauerstoff als Gas an der Anode auf, gleichzeitig wird der Anodenraum ... . Die entstandenen Protonen wandern in Richtung ... - analog zu den Vorgängen im Kathodenraum.

**Hinweis:** Elektrolyse:  $2 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2 + 1 \cdot \text{O}_2$

**Lösung:**

**Positiv** geladene Oxonium-Ionen (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) wandern im elektrischen Feld zu der **negativ** geladenen Elektrode (Kathode), wo sie jeweils ein Elektron **aufnehmen**. . Dabei entstehen Wasserstoff-Atome, die sich mit einem weiteren, durch **Reduktion** entstandenen H-Atom zu einem Wasserstoffmolekül vereinigen. Übrig bleiben Wassermoleküle.

Der abgeschiedene, gasförmige Wasserstoff steigt an der Kathode auf, wobei der Kathodenraum **basischer** wird. Die negativ geladenen Hydroxid-Anionen wandern zur **positiven** Anode, wobei sich **negative** Hydroxidionen mit Protonen zu Wasser neutralisieren oder sich an der Anode unter **Elektronenabgabe** zu Sauerstoff umwandeln.

Auch hier steigt der abgeschiedene Sauerstoff als Gas an der Anode auf, gleichzeitig wird der Anodenraum **saurer**. Die entstandenen Protonen wandern in Richtung **Kathode** - analog zu den Vorgängen im Kathodenraum.

### Aufgabe: Redox-51

Kupfer wird elektrolytisch aus Cu<sup>2+</sup>-Ionen gewonnen. In einer Elektrolysezelle wird eine Cu<sup>2+</sup>-haltige Lösung 30 min mit einer Stromstärke von I = 2.5 A elektrolysiert. Berechne die abgeschiedene Masse m(Cu) bei einem Elektrolyse-Wirkungsgrad von 92.5%.

Hinweis 1:  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

Hinweis 2: In einem ersten Schritt von einem Wirkungsgrad von 100% ausgehen.

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Salze.

**Lösung:**

Aus  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$  folgt:

$$m = (I \cdot t \cdot M) / (z \cdot F) = (2.5 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 63.546) / (2 \cdot 96485) = 1.48 \text{ g}$$

Mit Wirkungsgrad 92.5%: 1.37 Gramm

Einheiten:  $[(A \cdot s \cdot g/mol) / (C/mol)]$ ,  $[A] = [C/s]$

### Aufgabe: Redox-52

Eine Silbernitrat-Lösung wird bei einer Stromstärke von 2.54 A elektrolysiert. Welche Masse an Silber scheidet sich in 45 Minuten ab. Der Wirkungsgrad betrage 90%.

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Salze.

**Lösung:**

Silbernitrat: AgNO<sub>3</sub>, Metallion: Ag<sup>+</sup>

Hinweis 1:  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

Hinweis 2: In einem ersten Schritt von einem Wirkungsgrad von 100% ausgehen.

Aus  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$  folgt:

$$m = (I \cdot t \cdot M) / (z \cdot F) = (2.54 \cdot 45 \cdot 60 \cdot 107.87) / (1 \cdot 96485) = 7.67 \text{ g}$$

Mit Wirkungsgrad 90%: 6.9 Gramm

Einheiten:  $[(A \cdot s \cdot g/mol) / (C/mol)]$ ,  $[A] = [C/s]$

### Aufgabe: Redox-53

15 m<sup>2</sup> einer Metalloberfläche sollen mit einer 35 µm dicken Chromschicht beschichtet werden. Chrom hat eine Dichte von 7.15 g/cm<sup>3</sup>.

a) Berechne die Masse Chrom, welche abgeschieden werden muss.

b) Die Abscheidung erfolgt aus einer CrO<sub>3</sub>-Lösung. Wie lange muss elektrolysiert werden, wenn die Stromstärke 450 A und der Wirkungsgrad 90% betrage.

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Salze.

### Lösung:

Hinweis: 35 µm entsprechen 35 · 10<sup>-6</sup>m

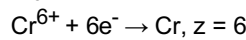
→ Das Volumen der zu verchromenden Oberfläche betrage:

$$V = O \cdot h = 15 \text{m}^2 \cdot 35 \cdot 10^{-6} \text{m} = 0.000525 \text{ m}^3 = 525 \text{ cm}^3$$

→ Mit Dichte = m/V folgt:

$$m = \text{Dichte} \cdot V = 7.15 \text{g/cm}^3 \cdot 525 \text{ cm}^3 = 3753.75 \text{ Gramm}$$

→ CrO<sub>3</sub>, beteiligte Ionen: Cr<sup>6+</sup>/O<sup>2-</sup>



→  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

$$t = m \cdot z \cdot F / (M \cdot I) = 96485 \cdot 6 \cdot 3753 / (52 \cdot 450)$$

$$t = 92848 \text{ s (bei einem Wirkungsgrad von 100%)}$$

→ Wirkungsgrad von 90%: 103164 Sekunden

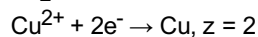
### Aufgabe: Redox-54

Wie lange muss ein Strom der Stärke 0.45 A fließen, damit aus einer CuCl<sub>2</sub> Lösung 3.5 g Kupfer abgeschieden werden?

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Salze.

### Lösung:

▷ CuCl<sub>2</sub>: Ionen Cu<sup>2+</sup> resp. Cl<sup>-</sup>



▷  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

$$t = m \cdot z \cdot F / (M \cdot I) = 3.5 \cdot 2 \cdot 96485 / (63.546 \cdot 0.45)$$

$$t = 23618 \text{ s} = \text{ca. } 6.6 \text{ h}$$

### Aufgabe: Redox-55

Wie lange muss ein Strom der Stärke 10 A fließen (ca. üblicher 'Haushaltsstrom'), bis Elektronen der Gesamtmasse 1 kg durch den Leiterquerschnitt gewandert sind?

Hinweis  $m(\text{e}^-) = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , Ladung  $1\text{e}^- = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Salze.

### Lösung:

· 10 A = 10 C/s

· Anzahl Elektronen pro Sekunde:

$$10 / 1.602 \cdot 10^{-19} = 6.24 \cdot 10^{19}$$

· Totale Masse(e<sup>-</sup>) pro Sekunde:

$$6.24 \cdot 10^{19} \cdot 9.1 \text{E} \cdot 31 = 5.68 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$$

· Wie lange bis total 1 kg:

$$1 / 5.68 \cdot 10^{-11} = 1.76 \cdot 10^{10} \text{ s} = \text{ca. } 558 \text{ Jahre}$$

### Aufgabe: Redox-56

Eine Schale mit einer Oberfläche von 120 cm<sup>2</sup> soll durch Elektrolyse einer Silbernitratlösung einen 0.2 mm dicken Silberüberzug erhalten. Berechne die dafür benötigte Zeit, wenn die Stromstärke 10 A beträgt. Die Dichte des Silbers betrage 10.5 g/cm<sup>3</sup>.

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Salze.

### Lösung:

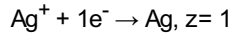
- Das Volumen der zu versilbernden Oberfläche betrage:

$$V = O \cdot h = 120 \text{ cm}^2 \cdot 0.02 \text{ cm} = 2.4 \text{ cm}^3$$

- Mit Dichte =  $m/V$  folgt:

$$m = \text{Dichte} \cdot V = 10.5 / \text{cm}^3 \cdot 2.4 \text{ cm}^3 = 25.2 \text{ Gramm}$$

- Silbernitrat:  $\text{AgNO}_3$ , dh.  $\text{Ag}^+ / \text{NO}_3^-$



- $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

$$t = m \cdot z \cdot F / (M \cdot I) = 25.2 \cdot 1 \cdot 96485 / (107.9 \cdot 10)$$

$$t = 2253 \text{ s}, \text{ ca. } 40 \text{ Minuten}$$

### Aufgabe: Redox-57

Berechne die Dicke der Kupferschicht, die ein Strom der Stärke 5.8 A in 3h auf einer Kugel mit dem Radius 8.3 cm gleichmässig abscheidet.

Hinweis 1: Oberfläche einer Kugel sei  $4 \cdot \pi \cdot r^2$

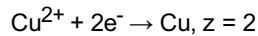
Hinweis 2: Die Verkupferung wurde mit einer Kupfersulfatlösung durchgeführt

Hinweis 3: Dichte(Cu) =  $8.9 \text{ g/cm}^3$

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Salze.

### Lösung:

- Kupfersulfatlösung:  $\text{CuSO}_4$ , resp.  $\text{Cu}^{2+} / \text{SO}_4^{2-}$



- $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

$$m = I \cdot t \cdot M / (z \cdot F) = 5.8 \cdot 3600 \cdot 3 \cdot 63.5 / (2 \cdot 96485) = 20.6 \text{ g}$$

Einheiten:  $[A \cdot s \cdot g / \text{mol} / (A \cdot s / \text{mol})] = [g]$

- Es gelte annäherungsweise: das Volumen (!) der Kugelschicht ist gleich der Kugeloberfläche multipliziert mit der Höhe, resp.

Dicke (:d) der Schicht  $V = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot d$

- Dichte =  $m/V$

$$m = \text{Dichte} \cdot V = \text{Dichte} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot d$$

$$\rightarrow d = m / (\text{Dichte} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2)$$

$$d = 20.63 / (8.9 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 8.3^2) = 2.67 \cdot 10^{-3} \text{ cm} = 0.026 \text{ mm}$$

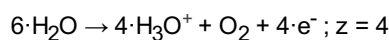
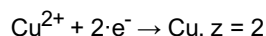
### Aufgabe: Redox-58

Aus einer Kupfersulfatlösung sollen 800 mg Kupfer bei  $I = 180 \text{ mA}$  an der Kathode abgeschieden werden. Berechne a) die Zeitdauer der Elektrolyse und b) bestimme das Volumen an Sauerstoff, das unter Normalbedingungen ( $298 \text{ K}$ ,  $101300 \text{ N/m}^2$ ) gleichzeitig entsteht. Die allgemeine Gasgleichung lautet  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ , wobei  $R = 8.314 \text{ J/molK}$ .

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Salze.

### Lösung:

- Beteiligte Reaktionen:



- $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

$$t = F \cdot m \cdot z / (I \cdot M)$$

$$t = 96485 \cdot 0.8 \cdot 2 / (0.18 \cdot 63.5)$$

$$t = 13506 \text{ s} = \text{ca. } 4 \text{ h}$$

- $m/M = n(\text{O}_2) = I \cdot t / (z \cdot F)$

$$n(\text{O}_2) = 0.18 \cdot 13506 / (4 \cdot 96485) = 0.00629 \text{ mol}$$

$$\cdot p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$V(\text{O}_2) = n \cdot R \cdot T / p$$

$$V(\text{O}_2) = 0.00629 \cdot 8.314 \cdot 298 / 101300$$

$$V(\text{O}_2) = 0.000154 \text{ m}^3 = \text{ca. } 154 \text{ ml}$$

$$\cdot \text{Einheiten: } [\text{mol} \cdot \text{J} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot \text{K} / \text{N/m}^2]$$

## Thema: Salze + Metalle, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [salze-01](#) : Definition
- Ab [salze-10](#) : Stabile Ionen bilden
- Ab [salze-20](#) : Aus Ionen Salze bilden
- Ab [salze-30](#) : Namensgebung
- Ab [salze-40](#) : Zeichnen ... Carbonat etc.
- Ab [salze-50](#) : Eigenschaften
- Ab [salze-60](#) : Hydrathülle
- Ab [salze-70](#) : Löslichkeitsprodukt
- Ab [salze-80](#) : Metalle, Elektrolyse

### Aufgabe: Salze-01

Was ist überhaupt ein Salz?

**Lösung:**

Die Kombination zwischen einem Nichtmetall und einem Metall ergibt ein Salz. Z.B. Natrium (=Metall, Na) + Chlorgas (=Nichtmetall, Cl<sub>2</sub>) reagiert zum Kochsalz, NaCl. Achtung: Stöchiometrie geht noch nicht auf!  
Achtung: es gibt (wenige) Ausnahmen, welche nicht ein Metallion enthalten, z.B. Ammoniumnitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>).

### Aufgabe: Salze-02

Wie sind Salze aufgebaut?

**Lösung:**

Ganz grob schematisch: positiv geladene Teilchen liegen neben negativ geladenen Teilchen und umgekehrt. Durch die gegenseitige Anziehung ergibt sich ein stabiles Gitter.

### Aufgabe: Salze-03

Was ist ein Kation?

**Lösung:**

Wenn ein Atom ein Elektron abgibt, so ist das Atom danach positiv geladen. Zur Erinnerung: Elektronen sind negativ geladen. Wenn z.B. ein Mg zwei Elektronen verliert, so bleibt ein Teilchen zurück, welches zweifach geladen ist: Mg<sup>2+</sup>. Positiv geladene Teilchen werden Kationen genannt.

### Aufgabe: Salze-04

Was ist ein Anion?

**Lösung:**

Wenn ein Atom ein Elektron (oder auch mehrere Elektronen) aufnimmt, so ist danach das Atom negativ geladen. Nimmt z.B. ein Fluor-Atom ein Elektron auf so wird es zum F<sup>-</sup> Teilchen, ein Fluorion, oder genauer ein Fluoranion. Negativ geladenen Teilchen werden Anionen genannt. Analog wird (z.B.) ein Sauerstoffatom vom O → O<sup>-</sup> → O<sup>2-</sup>

### Aufgabe: Salze-05

Was ist ein Zwitterion?

**Lösung:**

Ein Zwitterion ist ein Molekül mit zwei oder mehreren funktionellen Gruppen, von denen eine positiv und eine andere negativ geladen ist. Besitzt ein Zwitterion beispielsweise zwei funktionelle Gruppen mit entgegengesetzten Ladungen, so ist das Molekül insgesamt elektrisch neutral. Teilweise wird auch der Begriff „inneres Salz“ für ein Zwitterion verwendet.

Als funktionelle Gruppen können z.B. die Teilgruppen -COOH sowie -NH<sub>2</sub> in Frage kommen. Aus -COOH wird somit eine -COO<sup>-</sup> und aus -NH<sub>2</sub> eine -NH<sub>3</sub><sup>+</sup> Gruppe.

### Aufgabe: Salze-10

Gegeben seien folgende Atome: Aluminium, Fluor, <sup>4</sup>Be, Kalium, <sup>52</sup>Te, Neon, Calcium, Schwefel und Stickstoff.  
Bestimme die Anzahl der Valenzelektronen von jedem Atom und leite damit das häufigste Ion her.

**Lösung:**

Die Atome (resp. deren Ionen) tendieren dazu, eine komplett gefüllte äusserste Valenzschale zu erreichen. Dies kann dadurch erreicht werden, indem eine entsprechende Anzahl Elektronen aufgenommen resp. abgegeben wird.

Da nicht beliebig viele Elektronen aufgenommen - abgegeben werden können (das Ion muss ja auch noch stabil sein) gilt die Regel, dass der 'Weg des kleineren Aufwandes' begangen wird. Das heisst, ein Teilchen mit 3 Valenzelektronen gibt 3 e<sup>-</sup> ab und nimmt nicht 5 e<sup>-</sup> auf, um eine komplett volle (8 e<sup>-</sup>) oder leere (0 e<sup>-</sup>) Valenzschale zu erreichen.

Bei 4 Valenzelektronen können beide Situationen erwartet werden, z.B. C<sup>4+</sup> resp. C<sup>4-</sup>

Atom	Anzahl Valenz-Elektronen	Aufnahme - Abgabe	Ion
Al	3	Abgabe 3 e <sup>-</sup>	Al <sup>3+</sup>
F	7	Aufnahme 1 e <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>
<sub>4</sub> Be	2	Abgabe 2 e <sup>-</sup>	Be <sup>2+</sup>
K	1	Abgabe 1 e <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>
<sub>52</sub> Te	6	Aufnahme 2 e <sup>-</sup>	Te <sup>-2</sup>
Ne	8	weder noch	Ne
Ca	2	Abgabe 2 e <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>
S	6	Aufnahme 2 e <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>
N	5	Aufnahme 3 e <sup>-</sup>	N <sup>3-</sup>

**Aufgabe: Salze-11**

Schreibe jeweils die häufigsten Ionen auf, welche aus den folgenden Elementen gebildet werden können:

a) Natrium b) Magnesium c) Fluor d) Sauerstoff e) Stickstoff f) Aluminium

**Lösung:**

- a) Na<sup>+</sup>
- b) Mg<sup>2+</sup>
- c) F<sup>-</sup>
- d) O<sup>2-</sup>
- e) N<sup>3-</sup>
- f) Al<sup>3+</sup>

**Aufgabe: Salze-20**

Schreibe alle (binären) Salzformeln auf, welche sich aus den häufigsten Ionen folgender Elemente bilden lassen:

Brom, Sauerstoff, Kalium, Aluminium, Calcium sowie Stickstoff

**Lösung:**

Die häufigsten Ionen wären Br<sup>-</sup>, O<sup>2-</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, N<sup>3-</sup>

	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
Br <sup>-</sup>	KBr	AlBr <sub>3</sub>	CaBr <sub>2</sub>
O <sup>2-</sup>	K <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
N <sup>3-</sup>	K <sub>3</sub> N	AlN	Ca <sub>3</sub> N <sub>2</sub>

**Aufgabe: Salze-21**

Welche Salze ('Salzformeln') lassen sich aus den folgenden Ionen bilden:

Al<sup>3+</sup> / NH<sub>4</sub><sup>+</sup> / Fe<sup>2+</sup> / Fe<sup>3+</sup> / Na<sup>+</sup> / Mn<sup>2+</sup> / O<sup>2-</sup> / S<sup>2-</sup> / NO<sub>3</sub><sup>-</sup> / Br<sup>-</sup> / SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> / H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> / CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> / PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>

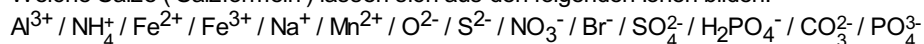
**Hinweis:** Mit einer Tabelle wird die Sache übersichtlicher (und es gehen auch keine Salze vergessen)

**Lösung:**

	Al <sup>3+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>
O <sup>2-</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	MnO
Br <sup>-</sup>	AlBr <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> Br	FeBr <sub>2</sub>	FeBr <sub>3</sub>	NaBr	MnBr <sub>2</sub>
S <sup>2-</sup>	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	FeS	Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> S	MnS
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> )(NO <sub>3</sub> )	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	NaNO <sub>3</sub>	Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	FeSO <sub>4</sub>	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	MnSO <sub>4</sub>
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Al(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> )(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	Fe(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Fe(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Mn(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Al <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )	FeCO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	MnCO <sub>3</sub>
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	AlPO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	FePO <sub>4</sub>	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Mn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>

### Aufgabe: Salze-22

Welche Salze ('Salzformeln') lassen sich aus den folgenden Ionen bilden:



Hinweis: die Ionen sollen nach ihrer Ladung aufgelistet werden, also zuerst die einfach positiven, dann die zweifach positiven etc. Und: wie auch sonst: mit einer Tabelle wird die Sache übersichtlicher.

### Lösung:

	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>
Br <sup>-</sup>	NaBr	NH <sub>4</sub> Br	FeBr <sub>2</sub>	MnBr <sub>2</sub>	AlBr <sub>3</sub>	FeBr <sub>3</sub>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NaNO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> )(NO <sub>3</sub> )	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> )(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	Fe(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Mn(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Al(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Fe(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
O <sup>2-</sup>	Na <sub>2</sub> O	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> O	FeO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
S <sup>2-</sup>	Na <sub>2</sub> S	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	FeS	MnS	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> )	FeSO <sub>4</sub>	MnSO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> )	FeCO <sub>3</sub>	MnCO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Fe <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Mn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	AlPO <sub>4</sub>	FePO <sub>4</sub>

### Aufgabe: Salze-23

Gegeben seien die Namen folgender Salze. Ergänze die Tabelle!

Name des Salzes	Kation	Lewisformel des Anions	Salzformel
Natriumsulfat			
Kaliumnitrat			
Calciumphosphat			
Magnesiumcarbonat			
Ammoniumchlorid			
Blei(II)-sulfid			
Eisen(II)-oxid			
Eisen(III)-oxid			
Aluminiumcarbid			
Kaliumpermanganat			
Natriumacetat			
Aluminiumoxid			

**Lösung:**

Name des Salzes	Kation	Lewisformel des Anions	Salzformel
Natriumsulfat	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Kaliumnitrat	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	KNO <sub>3</sub>
Calciumphosphat	Ca <sup>2+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
Magnesiumcarbonat	Mg <sup>2+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MgCO <sub>3</sub>
Ammoniumchlorid	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> Cl
Blei(II)-sulfid	Pb <sup>2+</sup>	S <sup>2-</sup>	PbS
Eisen(II)-oxid	Fe <sup>2+</sup>	O <sup>2-</sup>	FeO
Eisen(III)-oxid	Fe <sup>3+</sup>	O <sup>2-</sup>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Aluminiumcarbid	Al <sup>3+</sup>	C <sup>4-</sup>	Al <sub>4</sub> C <sub>3</sub>
Kaliumpermanganat	K <sup>+</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	KMnO <sub>4</sub>
Natriumacetat	Na <sup>+</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	NaCH <sub>3</sub> COO
Aluminiumoxid	Al <sup>3+</sup>	O <sup>2-</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

**Aufgabe: Salze-24**

Bilde folgende Salze aus den neutralen Elementen und schreibe die ausgeglichene Reaktionsgleichung auf:

- NaCl
- MgO
- KBr
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Eisen(II)oxid
- Eisen(III)oxid
- Natriumoxid
- Calciumoxid

**Lösung:**

- Na + 1/2 Cl<sub>2</sub> --> NaCl
- Mg + 1/2 O<sub>2</sub> --> MgO
- K + 1/2 Br<sub>2</sub> --> KBr
- 4·Al + 3·O<sub>2</sub> --> 2·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Fe + 1/2 O<sub>2</sub> --> FeO
- 2·Fe + 3/2·O<sub>2</sub> --> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 2·Na + 1/2 O<sub>2</sub> --> Na<sub>2</sub>O
- Ca + 1/2 O<sub>2</sub> --> CaO

**Aufgabe: Salze-25**

Gegeben seien folgende Salze. Welches sind die zugehörigen Ionen? Deren Anzahl muss aber nicht bestimmt werden. Das erste Beispiel ist schon gelöst.

- NaCl: Na<sup>+</sup> / Cl<sup>-</sup>
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- MgO
- KBr
- FeO
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Na<sub>2</sub>O
- CaO
- (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>
- Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>
- Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>
- Ba(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

- m)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- n)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
- o)  $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$
- p)  $\text{LiCO}_3$
- q)  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$

**Lösung:**

- a)  $\text{NaCl}$ :  $\text{Na}^+$  /  $\text{Cl}^-$
- b)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :  $\text{Al}^{3+}$  /  $\text{O}^{2-}$
- c)  $\text{MgO}$ :  $\text{Mg}^{2+}$  /  $\text{O}^{2-}$
- d)  $\text{KBr}$ :  $\text{K}^+$  /  $\text{Br}^-$
- e)  $\text{FeO}$ :  $\text{Fe}^{2+}$  /  $\text{O}^{2-}$
- f)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :  $\text{Fe}^{3+}$  /  $\text{O}^{2-}$
- g)  $\text{Na}_2\text{O}$ :  $\text{Na}^+$  /  $\text{O}^{2-}$
- h)  $\text{CaO}$ :  $\text{Ca}^{2+}$  /  $\text{O}^{2-}$
- i)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ :  $\text{NH}_4^+$  /  $\text{HPO}_4^{2-}$
- j)  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ :  $\text{Ca}^{2+}$  /  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$
- k)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ :  $\text{Fe}^{3+}$  /  $\text{NO}_3^-$
- l)  $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ :  $\text{Ba}^{2+}$  /  $\text{ClO}_3^-$
- m)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :  $\text{Ca}^{2+}$  /  $\text{OH}^-$
- n)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ :  $\text{Ca}^{2+}$  /  $\text{PO}_4^{3-}$
- o)  $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$ :  $\text{Zn}^{2+}$  /  $\text{HCO}_3^-$
- p)  $\text{LiCO}_3$ :  $\text{Li}^+$  /  $\text{CO}_3^{2-}$
- q)  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ :  $\text{Na}^+$  /  $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2+}$

**Aufgabe: Salze-30**

Gegeben seien folgende Ionen sowie Salze. Benenne diese mit ihrem Namen. Beachte, dass bei den Übergangsmetallen die Ladung mit römischen Ziffern angegeben werden muss.

- a)  $\text{NaCl}$ :
- b)  $\text{F}^-$ :
- c)  $\text{SO}_4^{2-}$ :
- d)  $\text{O}^{2-}$ :
- e)  $\text{NaNO}_3$ :
- f)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ :
- g)  $\text{FeO}$ :
- h)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :
- i)  $\text{NaS}$ :
- j)  $\text{C}^{4-}$ :
- k)  $\text{CaO}_2$ :
- l)  $\text{NaHCO}_3^-$ :
- m)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :
- n)  $\text{NH}_4^+$ :
- o)  $\text{PbS}$ :
- p)  $\text{Al}_4\text{C}_3$ :
- q)  $(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$ :
- r)  $\text{AlBr}_3$ :
- s)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ :
- t)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ :
- u)  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ :
- v)  $\text{Fe}(\text{HPO}_4)$ :
- w)  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ :
- x)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ :
- y)  $\text{Fe}(\text{HSO}_4)_2$ :

**Lösung:**

- a)  $\text{NaCl}$ : Natriumchlorid
- b)  $\text{F}^-$ : Fluorid

- c)  $\text{SO}_4^{2-}$ : Sulfat
- d)  $\text{O}^{2-}$ : Oxid
- e)  $\text{NaNO}_3$ : Natriumnitrat
- f)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : Aluminiumoxid
- g)  $\text{FeO}$ : Eisen(II)oxid
- h)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : Eisen(III)oxid
- i)  $\text{NaS}$ : Natriumsulfid
- j)  $\text{C}^{4-}$ : Carbid
- k)  $\text{CaO}_2$ : Calciumoxid
- l)  $\text{NaHCO}_3^-$ : Natriumhydrogencarbonat
- m)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ : Natriumsulfat
- n)  $\text{NH}_4^+$ : Ammonium
- o)  $\text{PbS}$ : Blei(II)-sulfid
- p)  $\text{Al}_4\text{C}_3$ : Aluminiumcarbid
- q)  $(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$ : Ammoniumnitrat
- r)  $\text{AlBr}_3$ : Aluminiumbromid
- s)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ : Eisen-III-nitrat
- t)  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ : Ammoniumsulfid
- u)  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ : Eisen-II-phosphat
- v)  $\text{Fe}(\text{HPO}_4)$ : Eisen-II-hydrogenphosphat
- w)  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ : Eisen-III-dihydrogenphosphat
- x)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ : Eisen-III-sulfat
- y)  $\text{Fe}(\text{HSO}_4)_2$ : Eisen-II-hydrogensulfat

### Aufgabe: Salze-31

Nenne zehn typische Salze.

#### Lösung:

Die Antworten können unterschiedlich sein. Es gibt tausende von Salzen. Antwort von chatgpt, inklusive dessen Geschwätzigkeit: Salze sind Verbindungen, die aus positiv geladenen Metallionen und negativ geladenen Nichtmetallionen (Anionen) bestehen. Hier sind zehn Beispiele für typische Salze:

- a) Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ ): Gewöhnliches Kochsalz, das in der Küche verwendet wird.
- b) Kaliumnitrat ( $\text{KNO}_3$ ): Ein Salz, das in der Lebensmittelindustrie und als Düngemittel verwendet wird.
- c) Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ): Dieses Salz kommt in Kalkstein, Kreide und Marmor vor.
- d) Eisen(II)-sulfat ( $\text{FeSO}_4$ ): Ein Salz, das oft als Düngemittel und zur Wasserbehandlung verwendet wird.
- e) Natriumcarbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ): Auch bekannt als Soda, wird in der Glasproduktion und als Reinigungsmittel verwendet.
- f) Natriumsulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ): Ein Salz, das als Trocknungsmittel und in der Seifenherstellung verwendet wird.
- g) Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): Dieses Salz kommt in der Natur als Bauxit vor und wird zur Aluminiumgewinnung verwendet.
- h) Ammoniumchlorid ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ): Ein Salz, das in einigen Säure-Basen-Reaktionen und in der Medizin verwendet wird.
- i) Natriumhydrogencarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ): Auch bekannt als Natron, wird in Backpulver verwendet.
- j) Kalziumchlorid ( $\text{CaCl}_2$ ): Ein Salz, das als Festigungsmittel in Lebensmitteln und als Streusalz im Winter verwendet wird.

Diese Beispiele zeigen die Vielfalt der Salze, die in verschiedenen Bereichen wie Lebensmittelindustrie, Landwirtschaft, Chemie und Medizin Anwendung finden.

**Kommentar:** Die Namen inklusive der Salzformeln sind tadellos. Quintessenz: Das typische (aktuell) Erfinden von Fakten seitens chatgpt konnte nicht beobachtet werden. Ein Check mit anderen Quellen aber gut und wichtig.

### Aufgabe: Salze-32

Jemand behauptet, dass  $\text{MgO}_4$  ein Wundermittel gegen Dummheit wäre. Lohnt sich ein Kauf?

#### Lösung:

Es gibt keine bekannte Verbindung mit der chemischen Formel  $\text{MgO}_4$ . Magnesium bildet in der Regel Verbindungen mit einer Oxidationszahl von +2, was bedeutet, dass Magnesiumionen ( $\text{Mg}^{2+}$ ) vorliegen. Daher wäre Verbindung Magnesiumoxid ( $\text{MgO}$ ) zu erwarten.

Zudem: Beim  $\text{MgO}_4$  müsste das Magnesium eine Ladung von +8 haben, da die Sauerstoffionen ja eine Ladung von jeweils -2 haben. Ein Blick auf die üblichen Ladungen zeigt, dass irgendwo bei einer Ladung von ca. +5 das Atom derart positiv geladen ist, dass es Elektronen aufnimmt, egal woher und somit seine (positive) Ladung verkleinert.

Quintessenz: Ein Kauf lohnt sich nicht.

### Aufgabe: Salze-40

Zeichne folgende mehratomigen Anionen:

- Sulfat
- Nitrat
- Carbonat
- Hydrosulfat
- Phosphat

**Hinweis:** Nach Möglichkeit machen die Sauerstoffatome keine Bindung mit sich selbst.

**Lösung:**

Es handelt sich dabei um mehratomige Anionen:

- Sulfat:  $\text{SO}_4^{2-}$
- Nitrat:  $\text{NO}_3^-$
- Carbonat:  $\text{CO}_3^{2-}$
- Hydrosulfat:  $\text{HSO}_4^-$
- Phosphat:  $\text{PO}_4^{3-}$

Die gezeichneten Lewisstrukturen findet man im Video. noch nichts gemacht

#### Aufgabe: Salze-50

Stelle 0.4 Liter eine 0.2 mol/l NaCl-Lösung her im Labor mit einer Waage und Messkolben her.

**Lösung:**

$$c = n/V = m/M/V \quad \rightarrow \quad m = c \cdot V \cdot M = 0.2 \text{ mol/l} \cdot 0.4 \text{ l} \cdot 58.5 \text{ g/mol} = 4.68 \text{ g}$$

Herstellung: 4.68 g NaCl werden in ein Becherglas gegeben. Nun wird mit Wasser bis an die Marke 0.4 Liter aufgefüllt.

Die Antwort: es werden nun 0.4 Liter hinzugefügt ist nicht vollständig korrekt, weil dies (minimal) nicht die gleiche Menge ist wie wenn man bis auf die Marke 0.4 Liter auffüllt: das NaCl beansprucht ein kleines Volumen.

#### Aufgabe: Salze-51

Jemand behauptet, dass die Anziehungskräfte in einem Salz vor allem durch die Gravitationskräfte ( $F_G$ ) der beteiligten Ionen bestimmt werden. Um wieviel stärker ist die Anziehung aufgrund der Coulombkraft ( $F_C$ ) im Vergleich zur Gravitationskraft ( $F_G$ )?

Nimm für die Berechnung die Anziehungskräfte zwischen einem Natriumion und einem Chloridion. Der Abstand der beiden Ionen betrage  $2.82 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .

**Lösung:**

- ▷  $F_C = k \cdot Q_1 \cdot Q_2 / r^2$   
 $Q_1 = Q_2 = \text{Elementarladung} = 1.60222 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
 $F_C = (8.9875 \cdot 10^9) \cdot (1.6022 \cdot 10^{-19})^2 / r^2$   
 $F_C = 2.31 \cdot 10^{-28} / r^2 \text{ [N]}$
- ▷  $F_G = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ 
  - Einzelne Atome nehmen ... u (Unit)
  - $1 \text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
  - $m(\text{Na}^+) = 22.99 \text{ u}$
  - $m(\text{Cl}^-) = 35.45 \text{ u}$
  - $F_G = 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 22.99 \text{ u} \cdot 35.45 \text{ u} / r^2$
  - $F_G = 1.5 \cdot 10^{-61} / r^2 \text{ [N]}$
- ▷ Faktor  $x = F_C / F_G$   
 $x = (2.31 \cdot 10^{-28} / r^2) / (1.5 \cdot 10^{-61} / r^2) = 1.5 \cdot 10^{33}$

Beachte, dass der Abstand der Ionen sich rauskürzt. Als Resultat kann gesagt werden, dass die Coulombkraft eindeutig stärker ist als die Gravitationskraft.

#### Aufgabe: Salze-60

Was ist eine Hydrathülle?

**Lösung:**

Wasser kann sich um ein Ion anlagern, diese Schicht um das Ion wird Hydrathülle genannt. Achtung: es gibt einen Unterschied in der räumlichen Anordnung der Wassermolekül, wenn ein Kation oder Anion vorliegt.

#### Aufgabe: Salze-61

Wieso wird Energie frei, wenn Wasser sich an Ionen anlagert?

**Lösung:**

Betrachte den umgekehrten Fall: das Lösen von Ionen von Wasser. Da zwischen diesen beiden Teilchen eine Ion-Dipol-Wechselwirkung besteht, muss eine Kraft zum Trennen aufgewendet werden. Nun haben wir eigentlich einen umgekehrten Vorgang, nämlich das Anlagern des Wassers an ein Ion. Aus logischer Sicht muss nun für den umgekehrten Fall ('Lösen einer Dipol-Ion-Wechselwirkung') die gleiche 'Menge' Energie frei werden wie beim Anlagern eines Ions an einen Dipol. Einziger Unterschied: das Vorzeichen der Energie. Die Energie selbst wird Hydratationsenergie genannt.

### Aufgabe: Salze-62

Im Chemielabor steht eine Lösung, welche mit 1 M CuSO<sub>4</sub> beschriftet ist.

Was heisst dies konkret? Wie wurde die Lösung hergestellt? Wie lautet das Verhältnis Kation - Anion - Wasserteilchen ?

**Lösung:**

- 1 M CuSO<sub>4</sub> bedeutet, dass pro Liter (Lösungsmittel, sehr üblicherweise Wasser) 1 mol Kupfersulfat gelöst sind.
- Herstellung: 1 mol wiegt 159.6 Gramm. Es werden also 159.6 Gramm Kupfersulfat eingewogen und soviel Wasser beigelegt, bis die Marke von 1 Liter erreicht ist. Das Eigenvolumen des Kupfersulfates muss nicht berücksichtigt werden.
- Näherungsweise kann angenommen werden, dass ca. 1 Liter Wasser = 1000 Gramm benötigt wird. Dies wären (1000/18) 55.5 mol Wasser. Das Verhältnis der Ionen beträgt also:  

$$\text{Cu}^{2+} \text{ zu } \text{SO}_4^{2-} \text{ zu Wasser} = 1 : 1 : 55.5$$

### Aufgabe: Salze-70

Gegeben seien folgende Salze. Formuliere das Löslichkeitsprodukt.

- Kochsalz
- Kalk
- CaF<sub>2</sub>
- NH<sub>4</sub>Cl
- AlBr<sub>3</sub>
- Eisen(III)oxid
- Calciumsulfat

**Lösung:**

**Hinweise:**

--- In einem ersten Schritt gilt es, zuerst sich zu überlegen, in welche Ionen das Salz 'zerfällt', ausgleichen und dann das Löslichkeitsprodukt definieren.

--- Die mehratomigen Anionen - Kationen erkennen. 'Zerfallen' nicht weiter.

--- Die ausgeglichene Reaktion für ein (!) Edukteilchen formulieren!

- $\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^- \quad L_p(\text{NaCl}) = c(\text{Na}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$
- $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \quad L_p(\text{CaCO}_3) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})$
- $\text{CaF}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{F}^- \quad L_p(\text{CaF}_2) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{F}^-)$
- $\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^- \quad L_p(\text{NH}_4\text{Cl}) = c(\text{NH}_4^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$
- $\text{AlBr}_3 \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3\text{Br}^- \quad L_p(\text{AlBr}_3) = c(\text{Al}^{3+}) \cdot c^3(\text{Br}^-)$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{O}^{2-} \quad L_p(\text{Fe}_2\text{O}_3) = c^2(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^3(\text{O}^{2-})$
- $\text{CaSO}_4 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \quad L_p(\text{CaSO}_4) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})$

### Aufgabe: Salze-71

Gegeben ist das Löslichkeitsprodukt von  $L_p(\text{CaSO}_4) = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^2/\text{l}^2$ . Ist eine Lösung mit  $c(\text{Ca}^{2+}) = 10^{-2} \text{ mol/l}$  sowie  $c(\text{SO}_4^{2-}) = 10^{-4} \text{ mol/l}$  enthält, ungesättigt, gesättigt oder übersättigt?

**Hinweis:** Es gilt (bekanntermassen) folgendes:

--- Gesättigte Lösung Ionenprodukt =  $L_p$

--- Ungesättigte Lösung Ionenprodukt <  $L_p$

--- Übersättigte Lösung Ionenprodukt >  $L_p$

**Lösung:**

Es gilt:

---  $\text{CaSO}_4 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \quad L_p(\text{CaSO}_4) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})$

--- Ionenprodukt( $\text{CaSO}_4$ ) =  $10^{-2} \text{ mol/l} \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = 10^{-6} \text{ mol}^2/\text{l}^2$

--- somit:  $10^{-6} \text{ mol}^2/\text{l}^2 < L_p (= 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^2/\text{l}^2)$ .

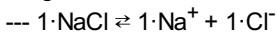
--- Die Lösung ist also ungesättigt.

### Aufgabe: Salze-72

100 Gramm NaCl lösen sich in 400 ml Wasser. Berechne daraus das Löslichkeitsprodukt von NaCl

**Lösung:**

Es gilt:



$$\text{--- } c(\text{NaCl}) = c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-)$$

$$\text{--- } L_p(\text{NaCl}) = c(\text{Na}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$$

$$\text{--- } c = n/V = m/MV$$

$$\text{--- } c(\text{NaCl}) = 100\text{g}/58.5\text{ g/mol} / 0.4\text{ l} = 4.27\text{ mol/l}$$

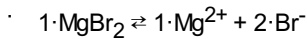
$$\text{--- } L_p(\text{NaCl}) = 4.27\text{ mol/l} \cdot 4.27\text{ mol/l} = 18.26\text{ mol}^2/\text{l}^2$$

### Aufgabe: Salze-73

Das Löslichkeitsprodukt von einer Magnesiumbromidlösung betrage  $6.9 \cdot 10^{-4}\text{ mol}^3/\text{L}^3$ . Berechne daraus, wieviel Gramm sich Magnesiumbromid in einem Liter lösen.

**Lösung:**

**Hinweis** Die beteiligten Ionen sind  $\text{Mg}^{2+}$  resp.  $\text{Br}^-$



$$\cdot \text{Es gilt daher } 2 \cdot c(\text{MgBr}_2) = 2 \cdot c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{Br}^-)$$

$$\cdot \text{a) falls } c(\text{Br}^-) = 2 \cdot c(\text{Mg}^{2+})$$

$$L_p = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{Br}^-) = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot (2c(\text{Mg}^{2+}))^2 = 4c^3(\text{Mg}^{2+})$$

$$c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{MgBr}_2) = \sqrt[3]{L_p/4} = 0.055\text{ mol/L}$$

$$m = c \cdot V \cdot M = 0.055\text{ mol/l} \cdot 1.0\text{ L} \cdot 184.113\text{ g/mol} = 10.24\text{ g/L}$$

$$\cdot \text{b) falls } c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{MgBr}_2) = \frac{1}{2} \cdot c(\text{Br}^-)$$

$$L_p = \frac{1}{2} \cdot c(\text{Br}^-) \cdot c^2(\text{Br}^-) = \frac{1}{2} \cdot c^3(\text{Br}^-)$$

$$\text{resp. } c(\text{Br}^-) = \sqrt[3]{2 \cdot L_p}$$

$$c(\text{Br}^-) = 2c(\text{MgBr}_2)$$

$$\cdot \text{Somit } c(\text{MgBr}_2) = \frac{1}{2} \cdot c(\text{Br}^-) = \frac{1}{2} \cdot \sqrt[3]{2 \cdot L_p}$$

$$= \sqrt[3]{(1/8) \cdot \sqrt[3]{2 \cdot L_p}} = \sqrt[3]{(2 \cdot L_p)/8} = \sqrt[3]{L_p/4}$$

$$\text{Es ergibt sich die gleiche Lösung wie bei a): } c(\text{MgBr}_2) = \sqrt[3]{L_p/4} = 0.055\text{ mol/L}$$

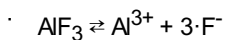
Der Rest wäre also auch identisch und somit  $m=10.24\text{ g/L}$

### Aufgabe: Salze-74

Das Löslichkeitsprodukt von einer Aluminiumfluoridlösung betrage  $6.3 \cdot 10^{-11}\text{ mol}^4/\text{L}^4$ . Berechne daraus, wieviel Gramm sich Aluminiumfluorid in einem Liter Wasser lösen.

**Lösung:**

**Hinweis** Die beteiligten Ionen sind  $\text{Al}^{3+}$  resp.  $\text{F}^-$



$$\cdot L_p = c(\text{Al}^{3+}) \cdot c^3(\text{F}^-)$$

Es gilt für die Anzahl der Teilchen, beachte '=':

$$c(\text{AlF}_3) = c(\text{Al}^{3+}) = \frac{1}{3} \cdot c(\text{F}^-)$$

$$3 \cdot c(\text{AlF}_3) = 3 \cdot c(\text{Al}^{3+}) = c(\text{F}^-) \quad \text{somit gilt:}$$

$$c(\text{Al}^{3+}) = c(\text{AlF}_3) \quad \text{sowie:}$$

$$c(\text{F}^-) = 3 \cdot c(\text{AlF}_3)$$

$$\cdot L_p = c(\text{Al}^{3+}) \cdot c^3(\text{F}^-) = c(\text{AlF}_3) \cdot c^3(3 \cdot c(\text{AlF}_3)) = 27 \cdot c^4(\text{AlF}_3)$$

- $c(\text{AlF}_3) = \sqrt[3]{L_p/27} = 0.00123 \text{ mol/L}$
- Aus  $c=n/V=m/MV$  folgt ...  
 $m = c \cdot V \cdot M = 1.23 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot 1 \text{ L} \cdot 84 \text{ g/mol} = 0.1038 \text{ g}$

Es lösen sich also maximal ca. 0.1 Gramm Aluminiumfluorid in einem Liter Wasser. Das Salz ist schlecht löslich in Wasser.

### Aufgabe: Salze-75

Das Löslichkeitsprodukt von einer Aluminiumoxidlösung betrage  $1 \cdot 10^{-33} \text{ mol}^5/\text{L}^5$ . Gemäss des Löslichkeitsproduktes löst es sich also sehr schlecht in Wasser. Berechne konkret, wieviel Gramm sich in einem Liter Wasser lösen würden.

### Lösung:

**Hinweis** Die beteiligten Ionen sind  $\text{Al}^{3+}$  resp.  $\text{O}^{2-}$

- $\text{Al}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{Al}^{3+} + 3 \cdot \text{O}^{2-}$
- $L_p = c^2(\text{Al}^{3+}) \cdot c^3(\text{O}^{2-})$
- Es gilt für die Anzahl der Teilchen, beachte '=':  
 $c(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \cdot c(\text{Al}^{3+}) = \frac{1}{3} \cdot c(\text{O}^{2-})$   
 $c(\text{Al}^{3+}) = 2 \cdot c(\text{Al}_2\text{O}_3)$  sowie:  
 $c(\text{O}^{2-}) = 3 \cdot c(\text{Al}_2\text{O}_3)$  somit gilt:
- $L_p = [2 \cdot c(\text{Al}_2\text{O}_3)]^2 \cdot [3 \cdot c(\text{Al}_2\text{O}_3)]^3$
- $L_p = 4 \cdot 27 \cdot c^2(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot c^3(\text{Al}_2\text{O}_3) = 108 \cdot c^5(\text{Al}_2\text{O}_3)$
- $c(\text{Al}_2\text{O}_3) = \sqrt[5]{L_p/108} = \sqrt[5]{(1 \cdot 10^{-33}/108)} = 9.8 \cdot 10^{-8} \text{ mol/l}$
- Aus  $c=n/V=m/MV$  folgt ...  
 $m = c \cdot V \cdot M = 9.8 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L} \cdot 1.0 \text{ L} \cdot 102 \text{ g/mol} = 9.9 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ g}$

Es lösen sich also maximal ca. 0.00001 Gramm Aluminiumoxid in einem Liter Wasser. Das Salz ist wirklich sehr schlecht löslich in Wasser.

### Aufgabe: Salze-76

Das Löslichkeitsprodukt von NaCl betrage  $L_p(\text{NaCl}) = 18.26 \text{ mol}^2/\text{l}^2$ . Stelle zwei geättigte Kochsalz-Lösungen mit folgendem Volumen her: a) 1.0 Liter, b) 0.3 Liter

### Lösung:

Es gilt:

- $1 \cdot \text{NaCl} \rightleftharpoons 1 \cdot \text{Na}^+ + 1 \cdot \text{Cl}^-$
- $c(\text{NaCl}) = c(\text{Na}^+) = c(\text{Cl}^-)$
- $L_p(\text{NaCl}) = 18.26 \text{ mol}^2/\text{l}^2 = c(\text{Na}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) = c^2(\text{Na}^+) = c^2(\text{Cl}^-) = c^2(\text{NaCl})$
- >  $c(\text{NaCl}) = \sqrt{L_p} = 4.27 \text{ mol/l}$
- aus  $c=n/V= m/MV$  folgt:  $m = c \cdot V \cdot M$
- für 1.0 Liter:  $m(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V \cdot M(\text{NaCl}) = 4.27 \text{ mol/l} \cdot 1.0 \text{ l} \cdot 58.5 \text{ g/mol} = 249.8 \text{ g}$
- für 0.3 Liter:  $m(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V \cdot M(\text{NaCl}) = 4.27 \text{ mol/l} \cdot 0.3 \text{ l} \cdot 58.5 \text{ g/mol} = 74.9 \text{ g}$

### Aufgabe: Salze-77

Gegeben sei das Löslichkeitsprodukt von Kalk,  $L_p(\text{CaCO}_3) = 4.8 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{l}^2$ . Wieviel Gramm Kalk löst sich also in einer Badewanne von 200 Litern?

### Lösung:

Aus Definitionen folgt:

- ▷ Es gilt:  $1 \cdot \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons 1 \cdot \text{Ca}^{2+} + 1 \cdot \text{CO}_3^{2-}$
- ▷ somit gilt auch:  $c(\text{CaCO}_3) = c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{CO}_3^{2-})$
- ▷ es folgt aus:  $L_p(\text{CaCO}_3) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})$   
 und weil z.B.  $(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+})$   
 $L_p(\text{CaCO}_3) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{Ca}^{2+}) = c^2(\text{Ca}^{2+})$  oder  
 $L_p(\text{CaCO}_3) = c(\text{CO}_3^{2-}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = c^2(\text{CO}_3^{2-})$  oder  
 $L_p(\text{CaCO}_3) = c(\text{CaCO}_3) \cdot c(\text{CaCO}_3) = c^2(\text{CaCO}_3)$
- ▷  $\rightarrow c(\text{CaCO}_3) = \sqrt{L_p} = \sqrt{4.8 \cdot 10^{-9}} = 6.93 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$

Nun kann mittels  $c=n/V=m/MV$  auf 'm' zurückgeschlossen werden:

$$m = c(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) \cdot V = 6.93 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \cdot 100.1 \text{ g/mol} \cdot 200 \text{ l} = 1.39 \text{ Gramm}$$

Auf die grosse Wassermenge gesehen löst sich nur wenig Kalk, nämlich ca. 1.4 Gramm.

#### Aufgabe: Salze-80

Nenne die typischen Metalleigenschaften

**Lösung:**

- ▷ Elektrische Leitfähigkeit
- ▷ Wärmeleitfähigkeit
- ▷ Verformbarkeit
- ▷ Glanz

#### Aufgabe: Salze-81

Oftmals wird behauptet, dass der Magnetismus eine typische metallische Eigenschaft wäre. Kommentiere diese Aussage.

**Lösung:**

Nur die Elemente Eisen, Nickel und Kobalt sind magnetisch. Auch einige Seltene-Erden-Metalle wie Neodym, Gadolinium und Dysprosium können magnetisch sein, oft aber nur bei bestimmten Temperaturen oder in Legierungen, wie z.B. in den starken Neodym-Magneten.

Von den ca. 100 zu den Metallen gehörenden Elementen sind somit ca. 5 Prozent magnetisch, also ist der Magnetismus keine typische Eigenschaft sondern eher eine Ausnahme.

#### Aufgabe: Salze-82

Was ist eine Legierung?

**Lösung:**

Ein Gemisch aus (mindestens) zwei Metallen wird Legierung genannt. Idealerweise hat die Mischung eine bessere, praktischere Eigenschaft als das reine Metall selbst. Z.B. ist eine Mischung auf Kupfer und Zink (Messing) härter als die reinen Elemente selbst.

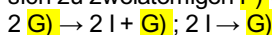
#### Aufgabe: Salze-83

Im folgenden Text sollen die Lücken a), b), c) etc. sinnvoll gefüllt werden.

Taucht man zwei Graphitelektroden in eine Zinkiodidlösung und legt eine Gleichspannung an, so fliesst ein elektrischer Strom. An der Elektrode, die mit dem Minuspol verbunden ist, bildet sich metallisches Zink und an der Elektrode, die mit dem Pluspol verbunden ist, scheidet sich Iod ab. Die in der Lösung ablaufenden Vorgänge werden jetzt genauer betrachtet.

In die Zinkiodidlösung tauchen zwei Elektroden. Eine davon ist mit dem Minuspol leitend verbunden, sie ist dadurch a) geladen. Diese Elektrode wird b) genannt. Sie hat einen Elektronenüberschuss und zieht deshalb c) Ionen an. Diese Ionen bezeichnet man als d), im Beispiel sind es  $\text{Zn}^{2+}$ -Ionen. Aus der Abscheidung von Zink an der e) kann man schliessen, dass die Zinkionen an der Kathode f) aufnehmen und zu g) werden.  $\text{Zn}^{2+} + \text{h)} \rightarrow \text{h)}$ .

Die mit dem Pluspol verbundene Elektrode wird A) genannt, sie ist B) geladen. Sie hat Elektronenmangel und zieht deshalb C) an. Diese Ionen werden D) genannt. Im Beispiel sind es  $\text{I}^-$ -Ionen (Iodidionen). An der Anode geben diese je E) ab und werden zu Iodatomen, die sich zu zweiatomigen F) verbinden. An der Anode zeigt sich deshalb das bräunliche Iod.



**Lösung:**

- a) negativ
- b) Kathode
- c) positiv geladene
- d) Kationen
- e) Kathode
- f) Elektronen
- g) Zinkatomen
- h)  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$
- A) Anode
- B) positiv
- C) negativ geladene Ionen
- D) Anionen
- E) ein Elektron

- F) Iodmolekülen  
 G)  $2\Gamma \rightarrow 2\text{I} + 2\text{e}^-$ ;  $2\text{I} \rightarrow \text{I}_2$

### Aufgabe: Salze-85

Kupfer wird elektrolytisch aus  $\text{Cu}^{2+}$ -Ionen gewonnen. In einer Elektrolysezelle wird eine  $\text{Cu}^{2+}$ -haltige Lösung 30 min mit einer Stromstärke von  $I = 2.5\text{ A}$  elektrolysiert. Berechne die abgeschiedene Masse  $m(\text{Cu})$  bei einem Elektrolyse-Wirkungsgrad von 92.5%.  
 Hinweis 1:  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

Hinweis 2: In einem ersten Schritt von einem Wirkungsgrad von 100% ausgehen.  
 Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Redox

#### Lösung:

Aus  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$  folgt:  
 $m = (I \cdot t \cdot M) / (z \cdot F) = (2.5 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 63.546) / (2 \cdot 96485) = 1.48\text{ g}$   
 Mit Wirkungsgrad 92.5%: 1.37 Gramm  
 Einheiten:  $[(\text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{g/mol}) / (\text{C/mol})]$ ,  $[A] = [\text{C/s}]$

### Aufgabe: Salze-86

Eine Silbernitrat-Lösung wird bei einer Stromstärke von 2.54 A elektrolysiert. Welche Masse an Silber scheidet sich in 45 Minuten ab. Der Wirkungsgrad betrage 90%.  
 Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Redox

#### Lösung:

Silbernitrat:  $\text{AgNO}_3$ , Metallion:  $\text{Ag}^+$   
 Hinweis 1:  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$   
 Hinweis 2: In einem ersten Schritt von einem Wirkungsgrad von 100% ausgehen.  
 Aus  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$  folgt:  
 $m = (I \cdot t \cdot M) / (z \cdot F) = (2.54 \cdot 45 \cdot 60 \cdot 107.87) / (1 \cdot 96485) = 7.67\text{ g}$   
 Mit Wirkungsgrad 90%: 6.9 Gramm  
 Einheiten:  $[(\text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{g/mol}) / (\text{C/mol})]$ ,  $[A] = [\text{C/s}]$

### Aufgabe: Salze-87

15 m<sup>2</sup> einer Metalloberfläche sollen mit einer 35 µm dicken Chromschicht beschichtet werden. Chrom hat eine Dichte von 7.15 g/cm<sup>3</sup>.  
 a) Berechne die Masse Chrom, welche abgeschieden werden muss.  
 b) Die Abscheidung erfolgt aus einer  $\text{CrO}_3$ -Lösung. Wie lange muss elektrolysiert werden, wenn die Stromstärke 450 A und der Wirkungsgrad 90% betrage.  
 Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Redox

#### Lösung:

Hinweis: 35 µm entsprechen  $35 \cdot 10^{-6}\text{ m}$

→ Das Volumen der zu verchromenden Oberfläche betrage:  
 $V = O \cdot h = 15\text{ m}^2 \cdot 35 \cdot 10^{-6}\text{ m} = 0.000525\text{ m}^3 = 525\text{ cm}^3$

→ Mit Dichte =  $m/V$  folgt:  
 $m = \text{Dichte} \cdot V = 7.15\text{ g/cm}^3 \cdot 525\text{ cm}^3 = 3753.75\text{ Gramm}$

→  $\text{CrO}_3$ , beteiligte Ionen:  $\text{Cr}^{6+}/\text{O}^{2-}$   
 $\text{Cr}^{6+} + 6\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$ ,  $z = 6$

→  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$   
 $t = m \cdot z \cdot F / (M \cdot I) = 96485 \cdot 6 \cdot 3753 / (52 \cdot 450)$   
 $t = 92848\text{ s}$  (bei einem Wirkungsgrad von 100%)  
 → Wirkungsgrad von 90%: 103164 Sekunden

### Aufgabe: Salze-88

Wie lange muss ein Strom der Stärke 0.45 A fließen, damit aus einer  $\text{CuCl}_2$  Lösung 3.5 g Kupfer abgeschieden werden?  
 Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Redox

#### Lösung:

- ▷  $\text{CuCl}_2$ : Ionen  $\text{Cu}^{2+}$  resp.  $\text{Cl}^-$   
 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ ,  $z = 2$
- ▷  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$   
 $t = m \cdot z \cdot F / (M \cdot I) = 3.5 \cdot 2 \cdot 96485 / (63.546 \cdot 0.45)$   
 $t = 23618\text{ s} = \text{ca. } 6.6\text{ h}$

### Aufgabe: Salze-89

Wie lange muss ein Strom der Stärke 10 A fließen (ca. üblicher 'Haushaltsstrom'), bis Elektronen der Gesamtmasse 1 kg durch den Leiterquerschnitt gewandert sind?

Hinweis  $m(e^-) = 9.1 \cdot 10^{-31}$  kg, Ladung  $1e^- = 1.602 \cdot 10^{-19}$  C

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Redox

#### Lösung:

- $10 \text{ A} = 10 \text{ C/s}$
- Anzahl Elektronen pro Sekunde:
 
$$10 / 1.602 \cdot 10^{-19} = 6.24 \cdot 10^{19}$$
- Totale Masse( $e^-$ ) pro Sekunde:
 
$$6.24 \cdot 10^{19} \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} = 5.68 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$$
- Wie lange bis total 1 kg:
 
$$1 / 5.68 \cdot 10^{-11} = 1.76 \cdot 10^{10} \text{ s} = \text{ca. } 558 \text{ Jahre}$$

### Aufgabe: Salze-90

Eine Schale mit einer Oberfläche von  $120 \text{ cm}^2$  soll durch Elektrolyse einer Silbernitratlösung einen 0.2 mm dicken Silberüberzug erhalten. Berechne die dafür benötigte Zeit, wenn die Stromstärke 10 A beträgt. Die Dichte des Silbers betrage  $10.5 \text{ g/cm}^3$ .

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Redox

#### Lösung:

- Das Volumen der zu versilbernden Oberfläche betrage:
 
$$V = O \cdot h = 120 \text{ cm}^2 \cdot 0.02 \text{ cm} = 2.4 \text{ cm}^3$$
- Mit Dichte =  $m/V$  folgt:
 
$$m = \text{Dichte} \cdot V = 10.5 / \text{cm}^3 \cdot 2.4 \text{ cm}^3 = 25.2 \text{ Gramm}$$
- Silbernitrat:  $\text{AgNO}_3$ , dh.  $\text{Ag}^+ / \text{NO}_3^-$ 

$$\text{Ag}^+ + 1e^- \rightarrow \text{Ag}, z = 1$$
- $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$ 

$$t = m \cdot z \cdot F / (M \cdot I) = 25.2 \cdot 1 \cdot 96485 / (107.9 \cdot 10)$$
- $t = 2253 \text{ s}$ , ca. 40 Minuten

### Aufgabe: Salze-91

Berechne die Dicke der Kupferschicht, die ein Strom der Stärke 5.8 A in 3h auf einer Kugel mit dem Radius 8.3 cm gleichmässig abscheidet.

Hinweis 1: Oberfläche einer Kugel sei  $4 \cdot \pi \cdot r^2$

Hinweis 2: Die Verkupferung wurde mit einer Kupfersulfatlösung durchgeführt

Hinweis 3: Dichte(Cu) =  $8.9 \text{ g/cm}^3$

Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Redox

#### Lösung:

- Kupfersulfatlösung:  $\text{CuSO}_4$ , resp.  $\text{Cu}^{2+} / \text{SO}_4^{2-}$ 

$$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}, z = 2$$
- $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$ 

$$m = I \cdot t \cdot M / (z \cdot F) = 5.8 \cdot 3600 \cdot 63.5 / (2 \cdot 96485) = 20.6 \text{ g}$$
- Einheiten:  $[\text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{g/mol} / (\text{A} \cdot \text{s/mol})] = [\text{g}]$
- Es gelte annäherungsweise: das Volumen (!) der Kugelschicht ist gleich der Kugeloberfläche multipliziert mit der Höhe, resp.
 
$$\text{Dicke } (d) \text{ der Schicht } V = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot d$$
- Dichte =  $m/V$ 

$$m = \text{Dichte} \cdot V = \text{Dichte} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot d$$

$$\rightarrow d = m / (\text{Dichte} \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2)$$

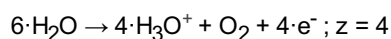
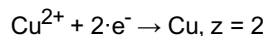
$$d = 20.63 / (8.9 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 8.3^2) = 2.67 \cdot 10^{-3} \text{ cm} = 0.026 \text{ mm}$$

### Aufgabe: Salze-92

Aus einer Kupfersulfatlösung sollen 800 mg Kupfer bei  $I=180\text{mA}$  an der Kathode abgeschieden werden. Berechne a) die Zeitdauer der Elektrolyse und b) bestimme das Volumen an Sauerstoff, das unter Normalbedingungen ( $298 \text{ K}$ ,  $101300 \text{ N/m}^2$ ) gleichzeitig entsteht. Die allgemeine Gasgleichung lautet  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ , wobei  $R = 8.314 \text{ J/molK}$ , Hinweis : Identische Aufgabe auch beim Thema Redox

### Lösung:

· Beteiligte Reaktionen:



·  $m/M = I \cdot t / (z \cdot F)$

$$t = F \cdot m \cdot z / (I \cdot M)$$

$$t = 96485 \cdot 0.8 \cdot 2 / (0.18 \cdot 63.5)$$

$$t = 13506 \text{ s} = \text{ca. } 4 \text{ h}$$

·  $m/M = n(\text{O}_2) = I \cdot t / (z \cdot F)$

$$n(\text{O}_2) = 0.18 \cdot 13506 / (4 \cdot 96485) = 0.00629 \text{ mol}$$

·  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$V(\text{O}_2) = n \cdot R \cdot T / p$$

$$V(\text{O}_2) = 0.00629 \cdot 8.314 \cdot 298 / 101300$$

$$V(\text{O}_2) = 0.000154 \text{ m}^3 = \text{ca. } 154 \text{ ml}$$

· Einheiten:  $[\text{mol} \cdot \text{J} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot \text{K} / \text{N/m}^2]$

## Thema: Säure-Base, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [SB-01](#) : Definitionen, was sind Säuren, Verhalten von Säuren
- Ab [SB-10](#) : Korrespondierende Säure-Base Paare
- Ab [SB-20](#) : Aussagen zur Säurestärke, pKs
- Ab [SB-25](#) : Dissoziationsgrad einer Säure
- Ab [SB-40](#) : pH-Wert - Verdünnungen
- Ab [SB-60](#) : Mischungen - Neutralisation
- Ab [SB-70](#) : Titrationsen

### Aufgabe: SB-01

Was ist eine Säure oder Base?

#### Lösung:

Es gibt verschiedene Definitionen. Die Einfachste: eine Säure ist eine Verbindung, welche  $H^+$  (auch Protonen genannt) abgeben kann, z.B. HF. Eine Base ist demzufolge eine Substanz, welche  $H^+$  aufnehmen kann.

### Aufgabe: SB-02

Ist ein  $H^+$  das Gleiche wie ein Proton?

#### Lösung:

Im Prinzip ja, ABER Achtung: Es ist das Proton eines nackten Wasserstoffatoms ('H ohne Elektron') gemeint. Pro Memoria: die Elemente setzen sich aus den Protonen und eventuell Neutronen zusammen (sowie einer gewissen Zahl Elektronen). Somit haben alle Elemente auch eine gewisse Anzahl Protonen, Helium zum Beispiel zwei Protonen. Diese Protonen machen aber NICHT das Charakteristikum einer Säure aus.

### Aufgabe: SB-03

Formuliere Reaktionen für folgende gegebene Substanzen. Die Abkürzung LM steht für das Lösungsmittel.

Es geht nicht darum zu beurteilen, ob die erforderten Reaktionen möglich sind oder nicht, sondern darum, dass z.B. bei einer erforderten Säurereaktion das gegebene Teilchen ein  $H^+$  abgibt und das Lösungsmittel dieses dann aufnimmt.

- HBr, Säurereaktion, LM: Wasser
- HF, Basenreaktion, LM: Wasser
- HF, Säurereaktion, LM: Wasser
- HF, Säurereaktion, LM:  $NH_3$
- $H_2O$ , Säurereaktion, LM: Wasser
- $CH_3COOH$ , Säurereaktion, LM: Wasser
- $CH_3OH$ , Basenreaktion, LM:  $NH_3$
- $CH_3OH$ , Säurereaktion, LM: Wasser

#### Lösung:

- $HBr + H_2O \rightleftharpoons Br^- + H_3O^+$
- $HF + H_2O \rightleftharpoons FH_2^+ + OH^-$
- $HF + H_2O \rightleftharpoons F^- + H_3O^+$
- $HF + NH_3 \rightleftharpoons F^- + NH_4^+$
- $H_2O + H_2O \rightleftharpoons OH^- + H_3O^+$
- $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$
- $CH_3OH + NH_3 \rightleftharpoons CH_3OH_2^+ + NH_2^-$
- $CH_3OH + H_2O \rightleftharpoons CH_3O^- + H_3O^+$

### Aufgabe: SB-10

Was sind konjugierte Säure-Base-Paare?

#### Lösung:

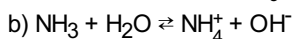
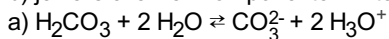
Gibt eine Säure sein(e) Protonen ab, so entsteht das Basenteilchen (Base weil es ja theoretisch das Proton wieder aufnehmen könnte). Diese zusammengehörenden Paare werden konjugierte Säure-Base-Paare genannt.

Beispiel:  $H_3O^+$  als Säure wird zu  $H_2O$ . Somit wäre  $H_3O^+ / H_2O$  das Säure-Base-Paar. Trivial but: beachte, dass zuerst das Säure-

Teilchen ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) erscheint.

### Aufgabe: SB-11

Bezeichne folgende Säure-Base-Paare genauer ('x ist konjugierte Säure / Base von y etc'). Konkret gilt es also, bei der Aufgabe a) resp. b) jeweils alle vier Komponenten miteinander in Beziehung zu setzen.



**Lösung:**

a)  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ist die konjugierte Säure zu  $\text{CO}_3^{2-}$

$\text{CO}_3^{2-}$  ist die konjugierte Base zu  $\text{H}_2\text{CO}_3$

$\text{H}_2\text{O}$  ist die konjugierte Base zu  $\text{H}_3\text{O}^+$

$\text{H}_3\text{O}^+$  ist die konjugierte Säure zu  $\text{H}_2\text{O}$

b)  $\text{NH}_3$  ist die konjugierte Base zu  $\text{NH}_4^+$

$\text{NH}_4^+$  ist die konjugierte Säure zu  $\text{NH}_3$

$\text{H}_2\text{O}$  ist die konjugierte Säure zu  $\text{OH}^-$

$\text{OH}^-$  ist die konjugierte Base zu  $\text{H}_2\text{O}$

### Aufgabe: SB-12

Ergänze folgende Tabelle, wobei das erste Beispiel gelöst ist.

Sollte es für eine Substanz z.B. keine konjugierte Base geben (z.B.  $\text{F}^-$ ), dann soll der Zelleninhalt mit einem 'X' versehen werden.

	konj. Base	konj. Säure
$\text{H}_2\text{O}$	$\text{OH}^-$	$\text{H}_3\text{O}^+$
$\text{HS}^-$		
$\text{F}^-$		
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$		
$\text{PO}_4^{3-}$		
$\text{H}_3\text{PO}_4$		
$\text{NH}_3$		
$\text{NO}_2^-$		

**Lösung:**

	konj. Base	konj. Säure
$\text{H}_2\text{O}$	$\text{OH}^-$	$\text{H}_3\text{O}^+$
$\text{HS}^-$	$\text{S}^{2-}$	$\text{H}_2\text{S}$
$\text{F}^-$	x	$\text{HF}$
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{HPO}_4^{2-}$	$\text{H}_3\text{PO}_4$
$\text{PO}_4^{3-}$	x	$\text{HPO}_4^{2-}$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	x
$\text{NH}_3$	$\text{NH}_2^-$	$\text{NH}_4^+$
$\text{NO}_2^-$	x	$\text{HNO}_2$

### Aufgabe: SB-13

Gegeben seien folgende Reaktionen. Ordne die beteiligten Stoffe in Korrespondierende Säure-Basen-Teilchen

{a} } $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$
{b} } $\text{HSO}_4^- + \text{CN}^- \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{SO}_4^{2-}$
{c} } $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
{d} } $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + \text{SO}_4^{2-}$
{e} } $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_2^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{OH}^-$

**Lösung:**

Hinweis: konjugierte sowie Korrespondierende SB-Paare bezeichnen den gleichen Sachverhalt

	Säure 1	Base 2	Base 1	Säure 2
a) $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$	HCl	$\text{NH}_3$	$\text{Cl}^-$	$\text{NH}_4^+$
b) $\text{HSO}_4^- + \text{CN}^- \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{SO}_4^{2-}$	$\text{HSO}_4^-$	$\text{CN}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	HCN
c) $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{HS}^-$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{S}$
d) $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_5^+ + \text{SO}_4^{2-}$	$\text{HSO}_4^-$	$\text{N}_2\text{H}_4$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{N}_2\text{H}_5^+$
e) $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_2^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{OH}^-$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{NH}_2^-$	$\text{OH}^-$	$\text{NH}_3$

**Aufgabe: SB-14**

Folgende Säuren seien in Wasser gelöst. Es gelte die Annahme, dass die Säuren vollständig deprotonieren. Schreibe die entsprechenden Ionen analog zur Aufgabe a) hin.

{a} Essigsäure: }	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
{b} Salzsäure: }	
{c} Ameisensäure: }	
{d} Schwefelsäure: }	
{e} Salpetersäure: }	
{e} Kohlensäure: }	

**Lösung:**

{a} Essigsäure: }	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
{b} Salzsäure: }	$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
{c} Ameisensäure: }	$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
{d} Schwefelsäure: }	$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_3\text{O}^+$
{e} Salpetersäure: }	$\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$
{e} Kohlensäure: }	$\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_3\text{O}^+$

**Aufgabe: SB-15**

Zeichne die Lewisformeln der folgenden Säuren.

{a} Essigsäure: }	
{b} Salzsäure: }	
{c} Ameisensäure: }	
{d} Schwefelsäure: }	
{e} Salpetersäure: }	
{e} Kohlensäure: }	

{e} Koniensäure: }

**Lösung:**

{a} Essigsäure: }	$\text{H}-\text{C}(\text{H})_2-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{H}$
{b} Salzsäure: }	$\text{H}-\text{Cl}$
{c} Ameisensäure: }	$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{H}$
{d} Schwefelsäure: }	$\text{H}-\text{O}-\text{S}(=\text{O})_2-\text{O}-\text{H}$
{e} Salpetersäure: }	$\text{O}=\text{N}(\text{O})-\text{O}-\text{H}$
{e} Kohlensäure: }	$\text{H}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{H}$

**Aufgabe: SB-20**Was ist der  $pK_S$ ?**Lösung:**

Sei HX eine Säure die mit Wasser reagiert, so lässt sich mit Hilfe des chemischen Gleichgewichtes folgendes definieren:  $K = \frac{c[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot c[\text{X}^-]}{c[\text{H}_2\text{O}] \cdot c[\text{HX}]}$ . Des weiteren kann weiter vereinfacht werden, da die Wasserkonzentration ca. 1000 mal grösser ist im Vergleich zu einer Säure:  $K_S = \frac{c[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot c[\text{X}^-]}{c[\text{HX}]}$ . Anstelle des  $K_S$  Wertes wird auch vom  $K_W$  Wert gesprochen.

Eine Substanz, welche somit 'gerne' seine Protonen abgibt (an Wasser) hätte somit einen hohen  $K_W$ -Wert und umgekehrt. Wiederum sind die Zahlen klein, daher wird wieder der (negative-Zehner)-Logarithmus genommen:  $pK_S = -\log(K_S)$ . Quintessenz: der  $pK_S$  entspricht der Abgabebereitschaft von  $\text{H}^+$  (Protonen) einer Verbindung.

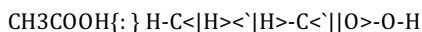
**Aufgabe: SB-21**Ist pH und  $pK_S$  das Gleiche?**Lösung:**

Nein. Kurz gesagt: Der pH-Wert entspricht (schlussendlich) einer bestimmten Anzahl Protonen, der  $pK_S$ -Wert entspricht einer Abgabebereitschaft der Protonen. (Hinweis: jeweils negativer dekadischer Logarithmus) Vergleich: viel Geld - wenig Geld (:pH), geizig - grosszügig (: $pK_S$ ).

Achtung (!): Mathematisch kann sich aber eine Gleichheit ergeben: aus der Henderson-Hasselbalch-Gleichung ( $\text{pH} = \text{pK}_S + \log \dots$ ) folgt rein mathematisch, wenn der Beitrag des Log-Wertes gleich Null ist,  $\text{pH} = \text{pK}_S$

**Aufgabe: SB-22**

Gegeben sei Essigsäure:



Welche H's sind sauer bei der Essigsäure: diejenigen H's beim Kohlenstoff oder das H beim Sauerstoff?

**Lösung:**

Eine Verbindung kann mehrere H-Atome enthalten, z.B. Essigsäure,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Die an das C-Atom gebundene H's sind weniger stark polarisiert als das H, welches an das O-Atom gebunden ist. Grund: Unterschiede der Elektronegativitäten: C und H haben ähnliche EN-Werte und somit ähnlich partiell positiv resp. negativ geladen. O und H weisen jedoch sehr unterschiedliche EN-Werte auf, wobei das H klar positiv partiell geladen, im Gegensatz zum negativ partiell geladenen O-Atom. Das Abspalten eines  $\text{H}^+$  (beachte: keine Teilladung sondern eine komplette positive Ladung resp. das Fehlen eines kompletten negativ geladenen Elektrons) wird somit durch diesen grossen EN-Unterschied erleichtert. (Hinweis für die Spezialisten: ja, ich weiss, HF macht Probleme, führt aber an dieser Stelle zu weit)

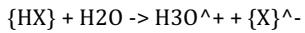
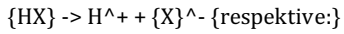
**Aufgabe: SB-25**

Es wird eine wässrige, 1 molare Lösung einer einprotonigen starken Säure hergestellt ('HX'). Welche der folgenden Aussagen ist korrekt. Begründe die Auswahl.

- Die Säure ist zu 0.1% dissoziiert
- Die Säure ist zu 1% dissoziiert
- Die Säure ist zu 10% dissoziiert
- Die Säure ist zu 100% dissoziiert

**Lösung:**

Die Definition einer starken Säure lautet, dass das Säure-Gleichgewicht komplett auf der deprotonierten Seite liegt:



Wenn somit **kein** Gleichgewicht vorliegt und die Säure komplett zerfällt, so spricht man auch von einer 100% Dissoziation. Korrekt ist also die Lösung **d**.

### Aufgabe: SB-26

Was für Teilchen liegen in einer wässrigen 1 M  $H_2SO_4$ -Lösung vor? In welchen relativen Mengen sind sie vorhanden? Erstelle eine Rangliste, beginne mit dem häufigsten Teilchen.

$pK_s(H_2SO_4)$  sei -3,  $pK_s(HSO_4^-) = 1.92$ .

Hinweis: Es kommen nur folgende Teilchen vor:  $H_2O$ ,  $H_3O^+$ ,  $HSO_4^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , (fast) kein  $H_2SO_4$ , da Schwefelsäure eine starke Säure ist

### Lösung:

- Der  $pK_s(H_2SO_4) = -3$ , das heisst also, dass  $H_2SO_4$  eine sehr starke Säure ist, und somit fast zu 100% sein erstes (!)  $H^+$  abgibt. Damit bleibt aber (fast) kein  $H_2SO_4$  übrig.  
 $x > y > z > c(H_2SO_4)$
- Der Zusatz 1 M  $H_2SO_4$  besagt, dass pro Liter Wasser (=1000 g/M( $H_2O$ ) = 55 mol) nur ein Mol  $H_2SO_4$  vorhanden ist. Das Wasser ist also eindeutig im Überschuss:  $55.5 \text{ mol } H_2O + 1 \text{ mol } H_2SO_4 \rightarrow 54.5 \text{ mol } H_2O + 0 \text{ mol } H_2SO_4 + 1 \text{ mol } H^+$   
 $c(H_2O) > x > y > z > c(H_2SO_4)$ . Offen sind also noch  $c(H_3O^+)$ ,  $c(HSO_4^-)$ ,  $c(SO_4^{2-})$
- Der  $pK_s(HSO_4^-) = 1.92$ , also ca. 2 besagt, dass beim Start von (z.B.) 1000  $HSO_4^-$  sich im GW ca. ein Hundertstel ( $pK_s = 2 = -\log(0.01) = -\log(1/100)$ ) auf der Seite des Produkte (also  $SO_4^{2-}$ ) befindet, der grosse Rest verbleibt beim Edukt (:  $HSO_4^-$ ). Es gilt u.a. also:  
 $c(HSO_4^-) > c(SO_4^{2-})$
- Offen ist noch die Frage nach  $H_3O^+$ . Aus der ersten Reaktion entsteht mindestens ein Mol, bei weiteren Folgereaktionen entstehen weitere  $H_3O^+$ . Alle anderen Konzentrationen bewegen sich in der Grössenordnungen unter einem Mol.
- Somit ergibt sich folgende Abfolge:  
 $c(H_2O) > c(H_3O^+) > c(HSO_4^-) > c(SO_4^{2-}) > H_2SO_4$ .

### Aufgabe: SB-27

Gegeben sei Schwefelsäure. Der  $pK_s(H_2SO_4)$  sei -3,  $pK_s(HSO_4^-) = 1.92$ .

Welche der folgenden Aussagen ist korrekt? Und fast wichtiger: weshalb?

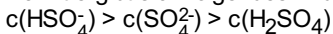
- $c(H_2SO_4) > c(HSO_4^-) > c(SO_4^{2-})$
- $c(HSO_4^-) > c(H_2SO_4) > c(SO_4^{2-})$
- $c(H_2SO_4) = c(HSO_4^-) > c(SO_4^{2-})$
- $c(HSO_4^-) > c(SO_4^{2-}) > c(H_2SO_4)$
- $c(SO_4^{2-}) > c(HSO_4^-) > c(H_2SO_4)$

### Lösung:

Der  $pK_s$ -Wert für  $H_2SO_4$  beträgt ja -3. Das heisst konkret, dass fast alle  $H_2SO_4$  sich zu  $HSO_4^-$  sowie  $H^+$  zersetzen.

Der  $pK_s$ -Wert von 1.92 (also ca. 2) für  $HSO_4^-$  besagt, dass beim Start von (z.B.) 1000  $HSO_4^-$  sich im GW ca. ein Hundertstel ( $pK_s = 2 = -\log(0.01) = -\log(1/100)$ ) auf der Seite des Produkte (also  $SO_4^{2-}$ ) befindet, der grosse Rest verbleibt beim Edukt (:  $HSO_4^-$ ).

Damit ergibt sich folgendes Bild:



### Aufgabe: SB-40

Beschreibe die Herstellung folgender Lösungen im Labor. Das Lösungsmittel sei immer destilliertes Wasser.

**Annahme** Die Substanzen seien als Salze vorliegend und lösen sich komplett in Wasser.

- 1 Liter einer 0.3 M NaOH-Lösung
- 1 Liter einer 0.4 M HCL-Lösung
- 25 ml 0.5 M NaOH-Lösung
- 30 ml 0.6 M  $H_2SO_4$

### Lösung:

Die Abkürzung 'M' ist ein Hinweis auf die Konzentration, so heisst z.B. 0.3 M, dass 0.3 mol der nachfolgenden Substanz in einem Liter Wasser gelöst sind, anders ausgedrückt: 0.3 mol/l

Mit  $c=n/V$  und  $n=m/M$  folgt:  $c=m/MV$  resp.  $m=c \cdot V \cdot M$

Achtung: hier ist nun das 'M' die Molmasse ! Je nach Situation steht das 'M' für Konzentration oder die Molmasse !

Vorgehen zur Herstellung der Lösung: Der Feststoff, z.B. NaOH wird abgewogen, in ein z.B. Becherglas gegeben und soviel destilliertes Wasser zugegeben wie erwünscht. Beachte, dass der Feststoff ein kleines Eigenvolumen beansprucht, dies aber nicht berücksichtigt werden muss.

- a)  $m(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V \cdot M(\text{NaOH}) = 0.3 \text{ mol/l} \cdot 1.0 \text{ l} \cdot 58.5 \text{ g/mol} = 17.55 \text{ g}$   
 Es werden also 17.55 g NaOH abgewogen und mit destilliertem Wasser das Becherglas bis zur Markierung von 1.0 Liter gefüllt.
- b)  $m(\text{HCl}) = c(\text{HCl}) \cdot V \cdot M(\text{HCl}) = 0.4 \text{ mol/l} \cdot 1.0 \text{ l} \cdot 36.5 \text{ g/mol} = 14.6 \text{ g}$   
 Man muss also 14.6 Gramm HCl abwägen und mit destilliertem Wasser das Becherglas bis zur Markierung von 1.0 Liter auffüllen.
- c)  $m(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \cdot V \cdot M(\text{NaOH}) = 0.5 \text{ mol/l} \cdot 0.025 \text{ l} \cdot 58.5 \text{ g/mol} = 0.73 \text{ g}$   
 Abwägen von 0.73 g NaOH und mit dest. Wasser bis zur Markierung von 25 ml auffüllen.
- d)  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = c(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot V \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.6 \text{ mol/l} \cdot 0.03 \text{ l} \cdot 98 \text{ g/mol} = 1.764 \text{ g}$   
 Abwägen von 1.764 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und mit dest. Wasser bis zur Markierung von 30 ml auffüllen.

**Aufgabe: SB-41**

Was ist der pH?

**Lösung:**

Prinzipiell eine Konzentration ('Anzahl Teilchen pro Volumen'). Beim pH werden die  $\text{H}^+$  (oder genauer  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) betrachtet. Da diese Anzahl sich in Grössenordnungen von 1 mol/l bis 0.00000000000001 mol/l bewegen nimmt man der Übersicht wegen den (negativen-Zehner)-Logarithmus, konkreter:  $\text{pH} = -\log(c[\text{H}_3\text{O}^+])$ .

Damit ergibt sich eine Spannweite des pH's von  $-\log(1) = -\log(10^0) = 0$  bis zu  $-\log(0.00000000000001) = \log(10^{-14}) = 14$

**Aufgabe: SB-42**

Wieso wird der Logarithmus verwendet?

**Lösung:**

Bei Berechnungen rund um das Thema Säure-Base hat man es sehr oft mit sehr kleinen Konzentrationen zu tun, dies entspricht auch dem Labor-Alltag. Üblicherweise bewegen sich die Konzentrationen irgendwo im Millimolaren Bereich. Werden nun zusätzlich die Konzentrationen der  $\text{H}_3\text{O}^+$  betrachtet, so sind diese oftmals noch kleiner, z.B. 0.00001 mol/l oder 0.000001 mol/l. Welche der beiden Konzentrationen ist nun kleiner? Und hat man sich vielleicht beim Zählen der Nullen geirrt ... mühsam. Wird der (dekadische) Logarithmus genommen und mit -1 multipliziert, so erhält man eine Grösse, welche auch im Laboralltag viel intuitiver ist.

**Aufgabe: SB-43**

Berechne den pH einer 3 molaren Salzsäurelösung.

**Lösung:**

Der pH-Wert ist ja der negative (dekadische) Logarithmus der Konzentration von  $\text{H}_3\text{O}^+$  Teilchen in einer Lösung. Die Konzentration muss sich im Bereich von 1 mol/l bis  $10^{-14}$  mol/l bewegen. Somit ergibt sich ein möglicher pH-Wert von  $\text{pH} = -\log 1 = 0$  bis  $\text{pH} = -\log 10^{-14} = 14$ .

Die Antwort (auf die Frage) lautet somit: kann nicht gesagt werden, da die Konzentration grösser als 1 mol pro Liter ist.

**Aufgabe: SB-44**

Berechne / Ergänze die Werte in folgender Tabelle.

$c(\text{H}_3\text{O}^+ \text{ mol/l})$	$c(\text{OH}^- \text{ mol/l})$	pH	pOH
0.001			
0.01			
	0.1		
	0.2		
		12	
			11

**Lösung:**

Zur Erinnerung: Das Ionenprodukt gilt für jede Konzentration, für jeden pH resp. pOH.

Ionenprodukt:  $c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{l}^2$

$c(\text{H}_3\text{O}^+ \text{ mol/l})$	$c(\text{OH}^- \text{ mol/l})$	pH	pOH
0.001 = $10^{-3}$	$10^{-11}$	3	11

$0.001 = 10^{-3}$	$10^{-11}$	3	11
$0.01 = 10^{-2}$	$10^{-12}$	2	12
$10^{-13}$	<b>0.1 (<math>10^{-1}</math>)</b>	13	1
$10^{-14}/0.2 = 5 \cdot 10^{-14}$	<b>0.2</b>	13.3	0.7
$10^{-12}$	$10^{-2} = 0.01$	<b>12</b>	2
$10^{-3} = 0.001$	$10^{-11}$	3	<b>11</b>

**Aufgabe: SB-45**

Ergänze die fehlenden Lücken in der Tabelle mit den Werten  $< 7$ ,  $= 7$ ,  $> 7$ ,  $< 10^{-7}$ ,  $= 10^{-7}$  sowie  $> 10^{-7}$

Bezeichnung	saure Lösung	neutrale Lösung	basische Lösung
c( $H_3O^+$ mol/l)			
pH			
c( $OH^-$ mol/l)			
pOH			

**Lösung:**

Bezeichnung	saure Lösung	neutrale Lösung	basische Lösung
c( $H_3O^+$ mol/l)	$> 10^{-7}$	$= 10^{-7}$	$< 10^{-7}$
pH	$< 7$	$= 7$	$> 7$
c( $OH^-$ mol/l)	$< 10^{-7}$	$= 10^{-7}$	$> 10^{-7}$
pOH	$> 7$	$= 7$	$< 7$

**Aufgabe: SB-46**

Gegeben sei eine Lösung A mit pH = 7 sowie eine Lösung B mit pH = 8. Beurteile (richtig - falsch) folgende Aussagen:

- Die  $H_3O^+$ -Konzentration von A ist zehnmal so gross wie die der Lösung B
- Die  $H_3O^+$ -Konzentration von A ist gleich der  $OH^-$  Konzentration von A
- Die  $H_3O^+$ -Konzentration von B ist zehnmal kleiner als die c( $OH^-$ ) der Lösung B

**Lösung:**

- korrekt  
 $pH = 7 \rightarrow c(H_3O^+) = 10^{-7} \text{ mol/l}$ ;  
 $pH = 8 \rightarrow c(H_3O^+) = 10^{-8} \text{ mol/l}$
- korrekt  
 Spezialfalls bei  $pH=7$ ,  $c(H_3O^+) = c(OH^-)$
- falsch.  
 $pH=8 \rightarrow c(H_3O^+) = 10^{-8} \text{ mol/l}$ ;  
 $pOH = 14 - pH = 6 \rightarrow c(OH^-) = 10^{-6} \text{ mol/l}$   
 also ist  $c(H_3O^+)$  100· mal kleiner als  $c(OH^-)$

**Aufgabe: SB-47**

Berechne die pH-Werte folgender Lösungen, das Lösungsmittel sei immer reines Wasser:

- 1 g Salzsäure (HCl) gelöst in einem Liter Wasser
- 1 kg Salzsäure (HCl) gelöst in einem Kubikmeter Wasser
- 1 g NaOH, gelöst in einem 2 Liter Wasser
- 81 mg HBr in 0.1 Liter Wasser
- 1 Gramm Schwefelsäure in 1 m<sup>3</sup> Wasser. Annahme: komplette Deprotonierung der Schwefelsäure.

**Lösung:**

Hinweis 1: HCl ist eine starke Säure ( $pK_s < 0$ ), d.h. es zerfällt in Wasser komplett zu  $H_3O^+$  und  $Cl^-$ .

Hinweis 2:  $pH = -\log(c(H_3O^+)) = -\log(n/V)$

Hinweis 3:  $pH + pOH = 14$

Hinweis 4: HBr ist ebenfalls eine starke Säure

- a)  $pH = -\log(1/36.5/1) = 1.56$
- b)  $pH = -\log(1000/36.5/1000) = 1.56$
- c)  $pOH = -\log(1/40/2) = 1.90$ ,  $pH = 14 - pOH = 12.1$
- d)  $pH = -\log(0.081/81/0.1) = 2$
- e) Schwefelsäure,  $H_2SO_4$  gibt zwei  $H^+$  ab!  
 $pH = -\log(2 \cdot 1/98/1000) = 4.69$

### Aufgabe: SB-48

Berechne die Masse an  $H_3O^+$  sowie  $OH^-$  in ...

- a) ... einem Liter Wasser.  $pH = 6$
- b) ... im Bodensee. Der  $pH$  sei 7

### Lösung:

Mit  $pH = -\log(c(H_3O^+))$  folgt:  $c(H_3O^+) = 10^{-pH}$

Ebenso

Mit  $pH = -\log(c(H_3O^+))$  folgt:

$$c(H_3O^+) = 10^{-pH} \text{ resp. } c(OH^-) = 10^{-pOH}$$

Ebenso gilt  $c = n/V = m/MV$  und somit:

$$m = c \cdot V \cdot M$$

- a)  $m(H_3O^+) = c \cdot V \cdot M = 10^{-6} \text{ mol/l} \cdot 1.0 \text{ l} \cdot 19 \text{ g/mol} = 1.9 \cdot 10^{-5} \text{ Gramm}$   
 $m(OH^-) = 10^{-8} \text{ mol/l} \cdot 1.0 \text{ l} \cdot 17 \text{ g/mol} = 1.7 \cdot 10^{-7} \text{ Gramm}$
- b) Volumen Bodensee, grobe Schätzung:  $l = 50 \text{ km}$ ,  $b = 2 \text{ km}$ ,  $h = 300 \text{ m}$   
 $V = 30 \text{ km}^3 = 30 \cdot (1000 \text{ m} \cdot 1000 \text{ m} \cdot 1000 \text{ m}) = 10^9 \text{ m}^3 = 10^{12} \text{ liter}$   
 $m(H_3O^+) = c \cdot V \cdot M = 10^{-7} \text{ mol/l} \cdot 10^{12} \text{ l} \cdot 0.019 \text{ kg/mol} = 1900 \text{ kg}$   
 $m(OH^-) = 10^{-7} \text{ mol/l} \cdot 10^{12} \text{ l} \cdot 0.017 \text{ kg/mol} = 1700 \text{ kg}$

### Aufgabe: SB-49

Berechne die pH-Werte folgender Lösungen, das Lösungsmittel sei immer reines Wasser:

- a) Eine 0.03 molare HCl-Lösung wird hundertfach verdünnt.  
Berechne den pH vor und nach der Verdünnung
- b) 20 ml 0.05 M HCl wird mit 100 ml destilliertem Wasser verdünnt.  
Berechne den pH vor und nach der Verdünnung
- c) Zu 50 ml einer 0.2 molaren NaOH-Lösung wird 100 ml destilliertes Wasser gegeben.  
Berechne den pH vor und nach der Verdünnung

### Lösung:

- a) Start-pH:  $pH = -\log(0.03) = 1.5$   
 Eine hundertfache Verdünnung heisst, dass auf ein Teil Lösung 99 Teile Wasser kommen  
 z.B. 1 ml der 0.03 M Lösung plus 99 ml Wasser  
  - $1000 \text{ ml} \approx 0.03 \text{ mol } H^+$
  - $1 \text{ ml} \rightarrow 0.00003 \text{ mol } H^+$
  - $pH = -\log(0.00003/0.001) = 1.52$
  - Beachte, dass 99 ml Wasser zugegeben werden
  - $pH = -\log(0.00003/(0.001+0.099)) = 3.52$
 Beachte, dass sich der Anstieg um zwei Zehnerpotenzen hinsichtlich der  $H^+$  Konzentration ändert, ob um 2 Einheiten beim pH-Wert
- b) Start-pH:  $pH = -\log(0.05) = 1.3$   
  - 20 ml 0.05 M HCl heissen:
  - $1000 \text{ ml} \approx 0.05 \text{ mol } H^+$
  - $20 \text{ ml} \rightarrow 0.001 \text{ mol } H^+$
  - Beachte, dass 100 ml Wasser zugegeben werden
  - neuer pH:  $pH = \log(n/V) = -\log(0.001/(0.02+0.1)) = 2.079$
- c) Start-pH:  $pOH = -\log(0.2) = 0.7$ ,  $pH = 14 - 0.7 = 13.3$   
  - $1000 \text{ ml} \approx 0.2 \text{ mol } OH^-$
  - $50 \text{ ml} \rightarrow 0.01 \text{ mol } OH^-$
  - Beachte, dass 100 ml Wasser zugegeben werden
  - $pOH = -\log(0.01/(0.05+0.1)) = 1.18$   
 $pH = 14 - 1.18 = 12.82$

$$pH = 14 - 1.18 = 12.82$$

**Aufgabe: SB-60**

Formuliere die Neutralisationsreaktionen in Ionenschreibweise und bilde die entsprechenden Salze, analog zur Aufgabe a).

{a} Natriumhydroxid + Salzsäure }	$Na^{+} + OH^{-} + H_3O^{+} + Cl^{-} \rightarrow NaCl\{aq\} + 2H_2O$
{b} Natriumhydroxid + Salpetersäure }	
{c} Natriumhydroxid + Kohlensäure }	
{d} Kaliumhydroxid + Schwefelsäure }	
{e} Kaliumhydroxid + Phosphorsäure }	

**Lösung:**

{a} Natriumhydroxid + Salzsäure }	$Na^{+} + OH^{-} + H_3O^{+} + Cl^{-} \rightarrow NaCl\{aq\} + 2H_2O$
{b} Natriumhydroxid + Salpetersäure }	$Na^{+} + OH^{-} + H_3O^{+} + NO_3^{-} \rightarrow NaNO_3\{aq\} + 2H_2O$
{c} Natriumhydroxid + Kohlensäure }	$2Na^{+} + 2OH^{-} + 2H_3O^{+} + 2CO_3^{2-} \rightarrow Na_2CO_3\{aq\} + 4H_2O$
{d} Kaliumhydroxid + Schwefelsäure }	$2K^{+} + 2OH^{-} + 2H_3O^{+} + SO_4^{2-} \rightarrow K_2SO_4\{aq\} + 4H_2O$
{e} Kaliumhydroxid + Phosphorsäure }	$3K^{+} + 3OH^{-} + 3H_3O^{+} + PO_4^{3-} \rightarrow K_3PO_4\{aq\} + 4H_2O$

**Aufgabe: SB-61**

Berechne den pH-Wert folgender Mischungen.

- Zu 80 ml einer 0.05 M Salzsäurelösung werden 100 ml einer 0.01 M Natronlaugenlösung gegeben.
- Zu 60 ml einer 0.015 KOH-Lösung werden 30 ml 0.2 M Salzsäurelösung gegeben.
- 10 ml 0.2 M Salzsäurelösung werden zuerst zehnfach verdünnt und dann mit 1.0 g  $Ca(OH)_2$  versetzt.

**Lösung:**

- $c = n/V \rightarrow n = c \cdot V$ 
  - 80 ml 0.05 M HCl  $\rightarrow n(HCl) = 0.004 \text{ mol}$
  - 100 ml 0.01 NaOH  $\rightarrow n(NaOH) = 0.001 \text{ mol}$
  - übrig bleiben bei der Neutralisationsreaktion 0.003 mol HCl
  - Beachte: totales Volumen 80ml + 100 ml
  - $pH = -\log(0.003/0.18) = 1.78$
- 60 ml 0.015 M KOH  $\rightarrow n(KOH) = 0.0009 \text{ mol}$
  - 30 ml 0.2 M HCl  $\rightarrow n(HCl) = 0.006 \text{ mol}$
  - Beachte, dass KOH sich ähnlich verhält wie NaOH, also auch eine Base ist
  - übrig bleiben bei der Neutralisationsreaktion 0.0051 mol HCl
  - Beachte: totales Volumen 60ml + 30 ml
  - $pH = -\log(0.0051/0.09) = 1.25$
- Start-pH:  $pH = -\log(0.2) = 0.7$
  - Zehnfache verdünnung heisst, dass zu den 10 ml noch zusätzliche 90 ml dest. Wasser gegeben wird
  - 10 ml 0.2 M HCl  $\rightarrow n(HCl) = 0.002 \text{ mol resp. } 0.002 \text{ mol}$
  - $n(HCl) = 0.002 \text{ mol} \rightarrow 0.002 \text{ mol } H^{+}$
  - Totales Volumen: 10ml+90ml=100 ml
  - $pH = -\log(0.002/0.1) = 1.7$
  - Anstieg um eine pH-Einheit macht bei zehnfacher Verdünnung Sinn

- 1 g  $Ca(OH)_2 \rightarrow n(Ca(OH)_2) = 1/74.1 = 0.0135 \text{ mol}$
- $n(Ca(OH)_2) = 0.0135 \text{ mol} \rightarrow n(OH) = 2 \cdot 0.0135 = 0.027 \text{ mol}$
- Neutralisationsreaktion: 0.002 mol H sowie 0.027 mol OH<sup>-</sup>
- übrig bleiben 0.025 mol OH<sup>-</sup>
- totales Volumen: 100 ml
- $pOH = -\log(0.025/0.1) = 0.6 \rightarrow pH = 14 - 0.6 = 13.4$

**Aufgabe: SB-62**

Gegeben sei jeweils ein Liter zweier Lösungen A und B mit dem gleichen Start-pH von 4.8. A sei eine Salzsäurelösung, B eine Essigsäurelösung.

Nun wird zu jeder Lösung ein Liter Wasser zugegeben

nun wird zu jeder Lösung ein Liter Wasser zugegeben.

- Berechne den neuen pH-Wert der Lösung A sowie B
- Bei welcher Lösung hat man eine grössere Veränderung des pH-Wertes, begründe

**Hinweis:** HCl ist eine starke Säure ( $pK_s < 0$ ), Essigsäure eine schwache Säure ( $pK_s > 0$ )

**Lösung:**

Ausgehend vom pH-Wert kann nun für die starke Säure HCl sowie für die schwache Säure Essigsäure die Konzentration berechnet werden:

- Starke Säure: HCl  
 $pH = -\log(c(H_3O^+))$ ,  $c(H_3O^+) = 10^{-pH} = 0.000015 \text{ mol/l}$   
 $c = n/V$  resp.  $n = c \cdot V$   
 $n = 0.000015 \cdot 1.0 \text{ l} = 0.000015 \text{ mol}$
- Schwache Säure: Essigsäure  
 $pH = 1/2(pK_s - \log(HA))$ ,  $c(HA) = \dots$   
 $n = c \cdot V =$
- Nun wird zu jeder Lösung 1 Liter reines Wasser zugegeben, mit  $c=n/V$  ergibt sich somit folgendes
- HCl:  $pH = -\log(c(H_3O^+)) = -\log(n/V)$   
 $pH = \log$

... noch nicht fertig ! ....

### Aufgabe: SB-70

Die Titration einer Säure (20 ml, unbekannte Konzentration) mit einer Base (0.1 M) benötigt bis zum Äquivalenzpunkt 30 ml der Base. Berechne daraus die Konzentrationen der Säure.

**Lösung:**

Es gilt beim Äquivalenzpunkt:  $n(\text{Base}) = n(\text{Säure})$

mit  $c=n/V$  erhält man:

$$c(\text{Base}) \cdot V(\text{Base}) = c(\text{Säure}) \cdot V(\text{Säure})$$

$$c(\text{Säure}) = c(\text{Base}) \cdot V(\text{Base}) / V(\text{Säure})$$

$$c(\text{Säure}) = 0.1 \text{ M} \cdot 30 \text{ ml} / 20 \text{ ml} = 0.15 \text{ M} = 0.15 \text{ mol/l}$$

## Thema: Stöchiometrie, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [st-01](#) : Anzahl Elemente
- Ab [st-10](#) : Elementarteilchen (p,n,e bestimmen)
- Ab [st-20](#) : Reaktionsgleichungen erstellen - ausgleichen
- Ab [st-30](#) : Isotope (siehe auch Atombau)
- Ab [st-40](#) : Mol, unit, Molmasse, Anzahl Mol
- Ab [st-60](#) : Verhältnisformel
- Ab [st-70](#) : Rechnen, z.B. 10 g H<sub>2</sub> + 20 g O<sub>2</sub>
- Ab [st-80](#) : Ideale Gase
- Ab [st-90](#) : Konzentration, Dichte

### Aufgabe: st-01

Was ist der Index resp. der stöchiometrische Koeffizient?

**Lösung:**

- **Index** besagt, wie viele Atome in einer Verbindung vorkommen, Bsp: die Verbindung Traubenzucker, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> weist pro Molekül 6 C-Atome, 12 H-Atome und 6 O-Atome auf. Hinweis: diese Zahlen werden unmittelbar NACH dem Atom KLEIN geschrieben.
- Im Gegensatz dazu gibt es den **stöchiometrische Koeffizienten**, GROSS geschrieben, VOR dem Atom (oder der Verbindung).
- **Beispiel:** 7 He heisst, dass 7 Heliumatome vorkommen, 13 Fe heisst, dass total 13 Fe Atome vorliegen.
- Ein Malzeichen muss nicht unbedingt angegeben werden, kann aber. Beide Aussagen sind also identisch (13 Fe resp. 13·Fe).
- Eine Kombination dieser beiden Grössen ist auch möglich, z.B. 13 C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> heisst, dass total 13 Traubenzuckermoleküle vorkommen mit jeweils 6 C-Atomen, 12 H-Atomen und 6 O-Atomen. Total also 13·6=78 C-Atomen, 13·12=156 H-Atomen und 13·6=78 O-Atomen.

### Aufgabe: st-02

Berechne jeweils die Anzahl aller beteiligten Elemente folgender Ausdrücke. Das erste Beispiel ist schon gelöst.

- H<sub>2</sub>O: 2·H, 1·O
- Kohlendioxid
- C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>
- 7·H<sub>2</sub>O
- 40·C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>
- 3 Dutzend NH<sub>3</sub>
- 7 Millionen O<sub>3</sub> (=Ozon)
- 2 mol H<sub>2</sub>O
- 13 mol N<sub>2</sub>

**Hinweis:** 1 mol entspricht dem grossen Dutzend der ChemikerInnen: 6.022·10<sup>23</sup>.

**Lösung:**

- Wasser = H<sub>2</sub>O, Anzahl: 2·H, 1·O
- Kohlendioxid = CO<sub>2</sub>, Anzahl: 1·C, 2·O
- C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, Anzahl: 6·C, 12·H, 6·O
- 7·H<sub>2</sub>O, Anzahl: 14·H, 7·O
- 40·C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, Anzahl: 240·C, 480·H, 240·O
- 1 Dutzend = 12 Stück, somit: 36 NH<sub>3</sub>; Anzahl: 36·N, 108·H
- 7 Millionen O<sub>3</sub> = 7·10<sup>6</sup> O<sub>3</sub> = 21 Millionen O-Atome = 21·10<sup>6</sup>·O = 2.1·10<sup>7</sup>·O
- 2 mol H<sub>2</sub>O, Anzahl: 4 mol H, 2 mol O (H: 2.4·10<sup>24</sup>, O: 1.2·10<sup>24</sup>)
- 13 mol N<sub>2</sub>, Anzahl: 26 mol N (=1.56·10<sup>25</sup>)

### Aufgabe: st-03

Gegeben seien jeweils eine gewisse Anzahl Elemente. Kreiere daraus möglichst viele der gegebenen Verbindungen. Zum Teil kann es sein, dass Elemente übrigbleiben. Falls was übrig bleibt gib an, wieviele und welche Elemente zuviel wären.

- H<sub>2</sub>O, 8·H, 4·O
- H<sub>2</sub>O, 100·H, 100·O
- CO<sub>2</sub>, 20·C, 20·O

- d)  $C_6H_{12}O_6$ , 100·C, 100·H, 100·O  
 e)  $NH_3$ , 200·N, 300·H, 400·C  
 f)  $Fe_2O_3$ , 33·Fe, 44·O, 55·F

**Lösung:**

- a)  $4 \cdot H_2O$   
 b)  $50 \cdot H_2O$ , übrig bleiben 50 O-Atome  
 c)  $10 \cdot CO_2$ , übrig bleiben 10 C-Atome  
 d)  $8 \cdot C_6H_{12}O_6$ , übrig bleiben 52·C, 4·H sowie 52·O  
 e)  $100 \cdot NH_3$ , übrig bleiben 100·N sowie 400·C  
 f)  $14 \cdot Fe_2O_3$ , übrig bleiben 5·Fe, 2·O, 55·F

**Aufgabe: st-10**

Berechne die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen

- a)  ${}^7Li$   
 b)  ${}^{13}C$   
 c)  ${}^{235}U$   
 d)  ${}^7Li^{2+}$   
 e)  ${}^{82}Br^-$

**Lösung:**

- a) Wenn Lithium als Elementname definiert ist, so heisst dies automatisch 3 Protonen. Oder anders gesagt: etwas mit drei Protonen muss Lithium heissen, egal wie viele Neutronen und Elektronen vorhanden sind. Aus der Nukleonenzahl (Nukleus = Kern = Protonen und Neutronen) gleich 7 ergibt sich somit die Anzahl Neutronen gleich 4. ( $3 + x = 7$ ). Da das Element neutral ist (oben rechts neben dem Elementsymbol keine Ladung und somit neutral) ergibt sich die Anzahl der Elektronen = 3.  
 b)  ${}^{13}C$ : 6p, 7n, 6e<sup>-</sup>  
 c)  ${}^{235}U$ : 92p, 143n, 92e<sup>-</sup>  
 d)  ${}^7Li^{2+}$ : 3p, 4n, 1e<sup>-</sup>  
 e)  ${}^{82}Br^-$ : 35p, 47n, 36e<sup>-</sup>

**Aufgabe: st-11**

Anzahl p, n, e<sup>-</sup>

Berechne die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen.

- a)  $7 \cdot H_2O$ , mit folgenden Zusammensetzungen:  ${}^3H$  sowie  ${}^{15}O$   
 b)  $3 \cdot C_6H_{12}O_6$ , mit folgenden Zusammensetzungen:  ${}^2H$ ,  ${}^{16}O$ ,  ${}^{13}C$

**Lösung:**

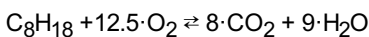
- a) pro  ${}^3H$ : 1p, 1e<sup>-</sup>, 2n,  ${}^{15}O$ : 8p, 8e<sup>-</sup>, 7n  
 1· $H_2O$  somit 10p, 10e<sup>-</sup>, 11n  
 7· $H_2O$ : 70p, 70e<sup>-</sup>, 77n  
 b) pro  ${}^{13}C$ : 6p, 6e<sup>-</sup>, 7n ... pro  ${}^2H$ : 1p, 1e<sup>-</sup>, 1n, ... pro  ${}^{16}O$ : 8p, 8e<sup>-</sup>, 8n,  
 1· $C_6H_{12}O_6$  somit  $6 \cdot 6 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 8 = 96p$ , 96e<sup>-</sup>,  $6 \cdot 7 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 8 = 102n$   
 3· $C_6H_{12}O_6$ : 288p, 288e<sup>-</sup>, 306n

**Aufgabe: st-20**

Formuliere die (ausgeglichene) Verbrennungsreaktion eines Oktans ( $C_8H_{18}$ )

**Lösung:**

Verbrennen heisst eine Reaktion mit  $O_2$ , nach Möglichkeit entstehen Kohlendioxid und Wasser:



Wie kann dies überhaupt gelöst werden? Willkürlich wird von einem Teilchen  $C_8H_{18}$  ausgegangen. Somit sind 8 C-Atome auf der linken Seite der Reaktionsgleichung vorhanden. Damit müssen aber auch 8 C-Atome auf der rechten Seite erscheinen. Da die C-Atome nur in das Kohlendioxid gehen müssen total 8  $CO_2$  vorhanden sein.

Analog mit den Wasserstoffatomen: auf der linken Seite kommen vom Oktan total 18 H-Atome. Die gehen alle zum Wasser, welches pro Molekül 2 H-Atome benötigt. Somit können maximal 9 Wassermoleküle gebildet werden.

Somit sind alle Koeffizienten auf der rechten Seite bestimmt. Damit ergibt sich aber auch die totale Anzahl der O-Atome, nämlich  $8 \cdot 2 + 9 \cdot 1 = 25$  O-Atome. Die kommen schlussendlich vom  $O_2$  auf der linken Seite. Total lassen sich daraus  $12.5 \cdot O_2$  Moleküle bilden.

### Aufgabe: st-21

Formuliere für die folgenden Aufgaben die ausgeglichene Reaktionsgleichung

- Traubenzucker wird verbrannt.
- Stelle Wasser aus den Elementen dar.
- Stelle Ammoniak (NH<sub>3</sub>) aus den Elementen dar.

**Lösung:**

- $C_6H_{12}O_6 + 6 \cdot O_2 \rightleftharpoons 6 \cdot CO_2 + 6 \cdot H_2O$
- $2 \cdot H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2 \cdot H_2O$
- $3 \cdot H_2 + 1 \cdot N_2 \rightleftharpoons 2 \cdot NH_3$

### Aufgabe: st-24

Eine Substanz wurde verbrannt und man erhält pro unbekanntem Molekül 9 Wasser- sowie 9 Kohlendioxidmoleküle. Um welche Substanz handelt es sich? Hinweis zur gesuchten Substanz: Die allgemeine Summenformel lautet C<sub>x</sub>H<sub>2x</sub>, wobei x zu bestimmen wäre.

**Lösung:**

Wasser: H<sub>2</sub>O, Kohlendioxid: CO<sub>2</sub>

Formulierung der Verbrennungsreaktion:  $9 \cdot H_2O + 9 \cdot CO_2 \rightleftharpoons C_9H_{18} + 13.5 \cdot O_2$ .

Unbekannte Substanz also C<sub>9</sub>H<sub>18</sub> resp. x = 9

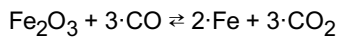
### Aufgabe: st-25

Gleiche folgende Reaktionsgleichungen aus. Die Lösungen sollen ganze Zahlen enthalten

- NaBr  $\rightleftharpoons$  Na + Br<sub>2</sub>
- H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  H<sub>2</sub>O
- N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  NH<sub>3</sub>
- Al + Br<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  AlBr<sub>3</sub>
- C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>
- CO + NO  $\rightleftharpoons$  CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>
- C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + C  $\rightleftharpoons$  Fe + CO<sub>2</sub>
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CO  $\rightleftharpoons$  Fe + CO<sub>2</sub>
- S + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  SO<sub>2</sub>
- SO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  SO<sub>3</sub>
- SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O  $\rightleftharpoons$  H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Mg + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  MgO
- Fe + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  H<sub>2</sub>O

**Lösung:**

- NaBr  $\rightleftharpoons$  Na + Br<sub>2</sub>  
2 · NaBr  $\rightleftharpoons$  2 · Na + Br<sub>2</sub>
- H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  H<sub>2</sub>O  
2 H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  2 · H<sub>2</sub>O
- N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  NH<sub>3</sub>  
N<sub>2</sub> + 3 · H<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  2 · NH<sub>3</sub>
- Al + Br<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  AlBr<sub>3</sub>  
2 · Al + 3 · Br<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  2 · AlBr<sub>3</sub>
- C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>  
C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> + 6 · O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  6 · H<sub>2</sub>O + 6 · CO<sub>2</sub>
- CO + NO  $\rightleftharpoons$  CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>  
2 · CO + 2 · NO  $\rightleftharpoons$  2 · CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>
- C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> + O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O  
2 · C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> + 25 · O<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  16 · CO<sub>2</sub> + 18 · H<sub>2</sub>O
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + C  $\rightleftharpoons$  Fe + CO<sub>2</sub>  
2 · Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 3 · C  $\rightleftharpoons$  4 · Fe + 3 · CO<sub>2</sub>
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + CO  $\rightleftharpoons$  Fe + CO<sub>2</sub>



- j)  $\text{S} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2$   
 $\text{S} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2$
- k)  $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$   
 $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$
- l)  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$   
 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4$
- m)  $\text{Mg} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{MgO}$   
 $2 \cdot \text{Mg} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{MgO}$
- n)  $\text{Fe} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3$   
 $4 \cdot \text{Fe} + 3 \cdot \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
- o)  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$   
 $2 \cdot \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

### Aufgabe: st-26

Gleiche folgende Reaktionsgleichungen aus. Die Lösungen sollen ganze Zahlen enthalten

- a)  $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$
- b)  $\text{N}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_3$
- c)  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaOH} + \text{H}_2$
- d)  $\text{K} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{KCl}$
- e)  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{O}_2$
- f)  $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$
- g)  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- h)  $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{LiOH}$
- i)  $\text{NH}_3 + \text{NO} \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- j)  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- k)  $\text{PCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{HCl}$
- l)  $\text{P}_4 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{P}_4\text{O}_{10}$
- m)  $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_3$
- n)  $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- o)  $\text{P}_4\text{O}_{10} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4$

### Lösung:

- a)  $2 \cdot \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- b)  $\text{N}_2 + 3 \cdot \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NH}_3$
- c)  $2 \cdot \text{Na} + 2 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \cdot \text{NaOH} + \text{H}_2$
- d)  $2 \cdot \text{K} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{KCl}$
- e)  $2 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2 + \text{O}_2$
- f)  $2 \cdot \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{SO}_3$
- g)  $\text{CH}_4 + 2 \cdot \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- h)  $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \cdot \text{LiOH}$
- i)  $4 \cdot \text{NH}_3 + 6 \cdot \text{NO} \rightleftharpoons 5 \cdot \text{N}_2 + 6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- j)  $2 \cdot \text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- k)  $\text{PCl}_3 + 3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_3 + 3 \cdot \text{HCl}$
- l)  $\text{P}_4 + 5 \cdot \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{P}_4\text{O}_{10}$
- m)  $4 \cdot \text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4 \cdot \text{HNO}_3$
- n)  $2 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 7 \cdot \text{O}_2 \rightleftharpoons 4 \cdot \text{CO}_2 + 6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- o)  $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$

### Aufgabe: st-30

Berechne die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen.

- a)  $7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , gegeben seien die Isotope  $^3\text{H}$  sowie  $^{15}\text{O}$
- b)  $3 \cdot \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , Isotope:  $^2\text{H}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$

### Lösung:

- a) pro  $^3\text{H}$ : 1p, 1e<sup>-</sup>, 2n,  $^{15}\text{O}$ : 8p, 8e<sup>-</sup>, 7n

1·H<sub>2</sub>O somit 10p, 10e<sup>-</sup>, 11n

7·H<sub>2</sub>O: 70p, 70e<sup>-</sup>, 77n

b) pro pro <sup>13</sup>C: 6p, 6e<sup>-</sup>, 7n ... pro <sup>2</sup>H: 1p, 1e<sup>-</sup>, 1n, ... pro <sup>16</sup>O: 8p, 8e<sup>-</sup>, 8n,

1·C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> somit 6·6+12·1+6·8=96p, 96e<sup>-</sup>, 6·7+12·1+6·8=102n

3·C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>: 288p, 288e<sup>-</sup>, 306n

#### Aufgabe: st-40

Was ist ein Mol?

#### Lösung:

Das Mol ist eine Mengenangabe. Genauer: 1 Mol entspricht  $6.022 \cdot 10^{23}$  'Dingen'. Diese Dinge können Atome, Reiskörner, Elektronen, Moleküle, Gummibärchen etc. sein

#### Aufgabe: st-41

Was ist die Molmasse, abgekürzt 'M'?

#### Lösung:

- ▷ Die Molmasse gibt an, wie viel Gramm einer Substanz einem Mol entspricht.
- ▷ Bei Kohlenstoff steht auf dem PSE z.B. 12.0107.  
Diese Zahl bedeutet, dass ein Mol Kohlenstoff-Atome (=  $6.022 \cdot 10^{23}$  C-Atome) insgesamt 12.0107 g (oder gerundet 12.0 g) wiegen.
- ▷ Gleiche Aussage, aber 'in kurz':  $M(C) = 12 \text{ g/mol}$ .
- ▷ Beachte: wie in der Physik üblich wird auch in der Chemie die Masse 'm' umschrieben.

#### Aufgabe: st-42

Wie berechnet man die Molmasse 'M', z.B. von Wasser (H<sub>2</sub>O)?

**Hinweis:** Hinweis: Wie das Wort Molmasse schon sagt ... ein Mol beachten.

#### Lösung:

Dazu wird das Periodensystem ('PSE') benötigt. Berechnung z.B. für Wasser, H<sub>2</sub>O.

Bei H steht auf dem PSE 1.00794 (g/mol), bei Sauerstoff 15.9994 (g/mol).

Das heisst also, dass ein mol die Masse von Wasserstoffatome 1.00794 g, und analog ein mol O-Atome 15.9994 g.

Ein (!) einziges Wassermolekül weist 2 Wasserstoffatome und ein Sauerstoffatom auf

Ein mol (!) Wassermoleküle weisen somit 2 mol H-Atome und 1 mol O-Atome auf.

Die Molmasse berechnet sich somit zu  $2 \cdot 1.00794 + 1 \cdot 15.9994 = 18.01528 \text{ g}$  oder gerundet 18 g/mol auf.

In Kurzform geschrieben:  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$

#### Aufgabe: st-43

Was ist mit 'm' gemeint.

#### Lösung:

Damit ist die zur Verfügung stehende Masse gemeint.

Oder die Masse, welche auf der Waage eingewogen wird.

Z.B. 90 Gramm Traubenzucker:  $m(\text{Traubenzuckers}) = 90 \text{ g}$ .

#### Aufgabe: st-44

Wie berechnet man die Anzahl Mol n?

#### Lösung:

Benötigt wird die Masse m ('eingewogene Masse') ...

... sowie die Molmasse ('M').

Danach kann die Frage mit zwei gleichen Ansätzen gelöst werden:

Beispiel: 88 g CO<sub>2</sub> seien vorhanden.

Damit wird  $m = 88 \text{ g}$  sowie  $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$ .

**Variante 1:** Mit einem Dreisatz kann weiter gerechnet werden: ein Mol CO<sub>2</sub> wiegt 44 Gramm (ja durch die Molmasse gegeben). Nun hat man aber total 88 g. Wie viele Mol sind dies? Dreisatz machen und die Antwort lautet: 2 mol

**Variante 2:** Mit einer Formel (welche schlussendlich den Dreisatz ausführt)  $n = m/M = 88\text{g} / (44\text{g/mol}) = 2\text{ mol}$

#### Aufgabe: st-45

Was ist der Unterschied zwischen g/mol und u ('unit')?

**Lösung:**

Auf dem Periodensystem ('PSE') sind u.a. die Massen der Atome angegeben. So steht beim Element Brom unter anderem die Angabe 79.904. Diese Angabe ist folgendermassen zu interpretieren: entweder ist gefragt, welche Masse ein einziges Bromatom aufweist (: 79.904 u) oder welche Masse ein Mol Bromatome (: also nicht nur ein einziges Bromatom, sondern ein Mol =  $6.022 \cdot 10^{23}$  Bromatome) aufweisen (: 79.904 g).

Ein 'u' ist also eine Massenangabe ( $1\text{ u} = 1.66 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$ ), g/mol ist die Massenangabe für 1 mol (oder  $6.022 \cdot 10^{23}$ ).

#### Aufgabe: st-46

Was ist ein unit ('u')?

**Lösung:**

Ein unit entspricht ungefähr der Masse eines Protons. und entspricht  $1.66 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$  resp.  $1.66 \cdot 10^{-24}\text{ g}$ . Die relative Atommasse (offizieller Begriff aber zum Teil verwirrend) auf dem Periodensystem gibt somit üblicherweise zwei Ansichten wieder:

die Masse eines (einzelnen!) Atoms, z.B. beim Kohlenstoff wäre dies 12.0107 u

die Masse eines Mols (also  $6.022 \cdot 10^{23}$ ) Atome, z.B. Kohlenstoff 12.0107 Gramm

#### Aufgabe: st-47

Diverse Berechnungen zum Thema mol und rechnen mit grossen Zahlen.

- Person A erhält einen Tageslohn von 1000.-, Person B einen Jahreslohn von einem halben Mol Franken. Wer hat den grösseren Jahreslohn? Annahme: Person A arbeite an 365 Tagen im Jahr. Um welchen Faktor verdient die Person mehr als die andere Person?
- Ein mol Franken wird gleichmässig auf die Weltbevölkerung (ca. 8 Milliarden Personen) verteilt. Wieviel Franken erhält jede Person?
- Die Strecke Sonne - Erde beträgt ca. 150 Millionen Kilometer. Wieviele Atome mit einem Durchmesser von jeweils  $10^{-10}\text{ m}$  wären notwendig, um diese Strecke wie eine Perlenschnur abzulegen. Angabe der benötigten Atome in mol.
- Der pH-Wert gleich sieben heisst, dass pro Liter Wasser (teilchen)  $10^{-7}\text{ mol}$  speziellere Wasserteilchen ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) vorliegen. Wieviele Teilchen sind dies also konkret? Und wieviele 'normale' Wasserteilchen sind eigentlich vorhanden?

**Lösung:**

Jahresgehalt Person A:  $365 \cdot 1000.- = 365'000.- = 3.65 \cdot 10^5$

Jahresgehalt Person B:  $0.5 \cdot 6.022 \cdot 10^{23} = 3.011 \cdot 10^{23}$

Person B erhält viel mehr Lohn. Faktor:  $3.011 \cdot 10^{23} / 3.65 \cdot 10^5 = 8.25 \cdot 10^{17}$

$6.022 \cdot 10^{23}$  Franken /  $8 \cdot 10^9 = 7.5 \cdot 10^{13}$  Franken pro Person

Oder in Worten: ca. 75'000 Milliarden Franken pro Person

$150\text{ Mio km} = 150 \cdot 10^6\text{ km} = 150 \cdot 10^9\text{ m}$

$150 \cdot 10^9\text{ m} / 10^{-10}\text{ m} = 1.5 \cdot 10^{21}$  Atome

Anzahl mol =  $1.5 \cdot 10^{21} / 6.022 \cdot 10^{23} = 0.0025\text{ mol}$

Oder in Worten: ca 1/400 mol

1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  entspricht 18 Gramm, 1 liter Wasser also  $1000/18 = 55.5\text{ mol}$

$10^{-7}\text{ mol} = 10^{-7} \cdot 6.022 \cdot 10^{23} = 6.022 \cdot 10^{16}$

#### Aufgabe: st-48

Berechne die Molmasse folgender Verbindungen:

- Wasser
- Kohlendioxid
- $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
- $\text{NaCl}$
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- $\text{CH}_4$
- $\text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$

**Lösung:**

- a)  $M(\text{H}_2\text{O}): 2 \cdot M(\text{H}) + 1 \cdot M(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18 \text{ g/mol}$   
 b)  $M(\text{CO}_2): 1 \cdot M(\text{C}) + 2 \cdot M(\text{O}) = 1 \cdot 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ g/mol}$   
 c)  $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6): 6 \cdot M(\text{C}) + 12 \cdot M(\text{H}) + 6 \cdot M(\text{O}) = 6 \cdot 12 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 16 = 180 \text{ g/mol}$   
 d)  $M(\text{NaCl}): M(\text{Na}^+) + M(\text{Cl}^-) = 23.0 + 35.5 = 58.5 \text{ g/mol}$   
 e)  $M(\text{Fe}_2\text{O}_3): 2 \cdot 55.9 + 3 \cdot 16 = 159.8 \text{ g/mol}$   
 f)  $M(\text{CH}_4) = 12 + 4 \cdot 1 = 16 \text{ g/mol}$   
 g)  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ g/mol}$   
 h)  $M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16 = 58 \text{ g/mol}$

### Aufgabe: st-49

Berechne die Anzahl der Mole folgender Massen:

- a) 9 g Wasser  
 b) 88 g Kohlendioxid  
 c) 900 g  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$   
 d) 175.5 g NaCl  
 e) 320 g  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   
 f) 9 kg  $\text{CH}_4$   
 g) 2 Tonnen  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 h) 2 g  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$

### Lösung:

Die Anzahl der Mole  $n$  berechnet sich mit  $n = m/M$

- a)  $n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O}) = 9\text{g}/18\text{g/mol} = 0.5 \text{ mol}$   
 b)  $n(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2)/M(\text{CO}_2) = 88\text{g}/44\text{g/mol} = 2 \text{ mol}$   
 c)  $n = m/M = 900/180 = 5 \text{ mol}$   
 d)  $n = m/M = 175.5/58.5 = 3 \text{ mol}$   
 e)  $n = 320/159.8 = 2 \text{ mol}$   
 f)  $n = 9000/16 = 562.5 \text{ mol}$   
 g)  $n = 2000000/98 = 20'408.16 \text{ mol}$   
 h)  $n = 2/58 = 0.0344 \text{ mol}$

### Aufgabe: st-60

Gegeben seien folgende Verbindungen. Berechne die prozentuale Massenanteile (Massenprozente) der Elemente folgender Moleküle:

- a) Wasser  
 b) Kohlendioxid  
 c)  $\text{CH}_4$   
 d)  $\text{NH}_3$   
 e)  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$   
 f)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$   
 g)  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
 h)  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$

### Lösung:

Die Berechnung explizit für Wasser:

- $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$
- H:  $2 \cdot 1/18 = 0.111 \rightarrow 11.1\%$
- O:  $1 \cdot 16/18 = 0.888 \rightarrow 88.8\%$
- $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$
- C:  $12 / 44 = 0.273 \rightarrow 27.3\%$
- O:  $2 \cdot 16/44 = 0.727 \rightarrow 72.7\%$

Alle Resultate in tabellarischer Form:

Verbindung	M[g/mol]	C[%]	H[%]	O[%]	N[%]	S[%]
$\text{H}_2\text{O}$	18	-	11.1	88.9	-	-
$\text{CO}_2$	44	27.3	-	72.7	-	-
$\text{CH}_4$	16	75.0	25.0	-	-	-
$\text{NH}_3$	17	-	17.6	-	82.4	-
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	46	52.2	13.0	34.8	-	-

$C_6H_{12}O_6$	180	40.0	6.7	53.3	-	-
$H_2SO_4$	98	-	2.0	65.3	-	32.7
$C_3H_8O$	58	62.1	10.3	27.6	-	-

**Aufgabe: st-70**

Wie funktioniert Stöchiometrie? Auf was muss man sich besonders achten, bei einer Stöchiometrie Rechnung? Wie funktionieren die Textaufgaben bei der Stöchiometrie schon wieder? Gibt es da ein Anwendungsmuster? (Anzahl Moleküle berechnen, wieviel Gramm entstehen, wieviel Gramm braucht es etc.)

**Lösung:**

Um die Fragen zu klären, müssen die Begriffe wie Molmasse sowie Anzahl mol bekannt sein. Wenn nicht bitte in dieser Rubrik an einer anderen Stelle sich informieren. Die Frage und deren Antwort lässt sich folgendermassen zusammenfassen:

Die wichtigste Erkenntnis bei der Stöchiometrie ist, dass die Anzahl der beteiligten Atome/Moleküle zentral ist. Die Anzahl der beteiligten Atome muss auf beiden Seiten des Reaktionspfeil identisch sein, es gehen keine Atome verloren oder kommen hinzu.

Beginne mit den Molekülen welche via Masse  $m$  gegeben sind und berechne daraus die Anzahl Mole  $n$ .

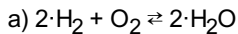
Aufgrund der (ausgeglichen) stöchiometrischen Gleichung kann nun zuerst auf die Anzahl Mol 'n' rückgeschlossen werden.

Aufgrund der Anzahl Mole 'n' sowie der jederzeit berechenbaren Molmassen 'M' kann nun die Massen  $m$  der unbekannt Substanzen berechnet werden: aus  $n=m/M$  folgt  $m=n \cdot M$

**Aufgabe: st-71**

Es sollen 100 Gramm Wasser hergestellt werden. Stelle

- ... die Reaktionsgleichung auf
- ... berechne wie viel Gramm der einzelnen Komponenten benötigt werden

**Lösung:**

b) Tabelle:

Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
$H_2O$	18	100	$100/18 = 5.55$
$H_2$	2	$2 \cdot 5.55 = 11.1$	5.55
$O_2$	32	$32 \cdot 2.77 = 88.9$	$5.55 / 2 = 2.77$

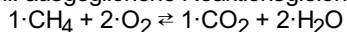
**Aufgabe: st-72**

Es werden 64 Gramm Methan verbrannt ( $CH_4$ ). Wie viel Gramm der verschiedenen Produkte entstehen?

**Hinweis:** Verbrennen heisst Reaktion mit  $O_2$ , nach Möglichkeit (sofern C und O im Edukt) entstehen  $CO_2$  und  $H_2O$

**Lösung:**

1. Teil: ausgeglichene Reaktionsgleichung aufstellen:



2. Teil: Tabelle aufstellen:

Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
$CH_4$	16	64	$64/16 = 4$
$CO_2$	44	176	4
$H_2O$	18	144	$2 \cdot 4 = 8$

Hinweis: nicht verlangt, aber die benötigte Menge  $O_2$  berechnet sich folgendermassen:

Gemäss Reaktionsgleichung braucht es doppelt so viele Teilchen  $O_2$  wie  $CH_4$ , also total 8 mol.  $M(O_2) = 32$  g/mol. Somit total  $8 \cdot 32 = 256$  Gramm  $O_2$  notwendig.

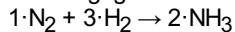
**Aufgabe: st-73**

Stelle 51 Gramm Ammoniak (NH<sub>3</sub>) aus den Elementen her, wie viel Gramm der einzelnen Edukte werden benötigt?

**Hinweis:** Hinweis: Da Ammoniak = NH<sub>3</sub>, somit wären die Edukte H<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>

**Lösung:**

Die ausgeglichene Reaktionsgleichung lautet:



Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
NH <sub>3</sub>	17	51	3
H <sub>2</sub>	2	9	3/2 · 3 = 4.5
N <sub>2</sub>	28	42	3/2 = 1.5

Es werden somit 9 Gramm H<sub>2</sub> sowie 42 Gramm N<sub>2</sub> benötigt.

#### Aufgabe: st-74

Bei einer Reaktion entstehen 54 Gramm Wasser. Welches Volumen nimmt das Wasser ...

- ... im flüssigen Zustand ein?
- ... im gasförmigen Zustand bei Normalbedingungen ein?
- ... im gasförmigen Zustand bei einem Druck von 3 bar und 70°C ein?

**Lösung:**

- Annahme: 1 Liter entspricht 1 kg (Dichte = 1.0 g/cm<sup>3</sup>). Somit 1000 ml 1000 Gramm. Also 54 Milliliter.
- Bei Normalbedingungen (0°C und Normaldruck) nimmt ein beliebiges Gas (auch Wasser in Form von Wasserdampf) pro Mol 22.4 Liter ein. Mit  $n = m/M(\text{H}_2\text{O}) = 54 / 18 = 3$  mol ergibt sich ein Volumen von  $3 \cdot 22.4 = 67.2$  Litern.
- Mit  $pV = nRT$  ergibt sich für ( $n = 1$  mol) ein  $V = nRT/p = (1 \text{ mol} \cdot 8.314 \text{ J/molK} \cdot (273+70)\text{K}) / (3 \cdot 101300 \text{ N/m}^2) = 0.00938 \text{ m}^3$  resp. 9.38 Liter (pro mol) und somit für 3 mol (siehe Aufgabe b) ein Volumen von 28.2 Liter.

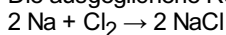
#### Aufgabe: st-75

Rund um die Herstellung von Kochsalz.

Zur Herstellung von 150 g Kochsalz werden 70 g Natrium bereitgestellt, die mit Chlor zu Natriumchlorid reagieren sollen. Welche Masse bleibt vom Natrium nach (stöchiometrischem) Einsatz übrig?

**Lösung:**

Die ausgeglichene Reaktionsgleichung lautet:



Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
NaCl	58.5	150	150 / 58.5 = 2.56
Na	23	58.9	2.56
Cl <sub>2</sub>	71	91.0	2.56 / 2 = 1.28

Es werden 58.9 g Na gebraucht, übrig bleiben also  $70 - 58.9 = 11.1$  Gramm

Zusatzinformation: es werden insgesamt 91 Gramm Chlorgas, Cl<sub>2</sub>, für die Reaktion benötigt.

#### Aufgabe: st-76

Diverse Aufgaben rund um das chemische Rechnen.

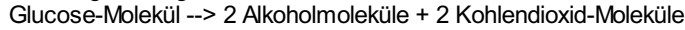
##### Leichte Aufgaben

- Die Formel für Methylalkohol ist CH<sub>3</sub>OH. Welche Molekülmasse besitzt ein solches Molekül?
- Wie viele Sauerstoffatome enthalten 1 g O<sub>2</sub>-Moleküle?
- Wie viele Atome enthält 1g Heliumgas?
- Wie viel Gramm entsprechen 1 mol Schwefel, 1 mol Natrium und 1 mol Wasser?
- Wie gross ist die Masse von:
  - 0.5 mol Kohlenstoffdioxid (Formel CO<sub>2</sub>)
  - 0.1 mol Schwefelsäure (Formel H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)?
- Wie gross ist die Molekülmasse einer Substanz, wenn 0.87 mol von ihr 24.36 g wiegen?

- g) Wieviel C-Atome enthalten 24 g Kohlenstoff?  
 h) Wie viele Sauerstoffatome enthalten 1 g Ozon (O<sub>3</sub>)? Angabe in Mol (n) und 'wirkliche' Anzahl

**Halbschwere Aufgaben**

- i) Wieviel Gramm Wasser bildet sich bei der Verbrennung von 100 g Methan (CH<sub>4</sub>)?  
 j) Mennige (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) lässt sich aus Bleioxid (PbO) durch Oxidation mit Sauerstoff darstellen. Berechne die Masse an Bleioxid, die zur Herstellung von 100 kg Mennige erforderlich ist.  
 k) Alkohol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) wird üblicherweise durch Vergären von Glukose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) dargestellt, entsprechend der Reaktionsgleichung :



Wieviel kg Alkohol lassen sich aus 2 kg Glukose gewinnen?

**Schwere Aufgaben**

- l) Wieviel Gramm Zinksulfid(ZnS) erhalten wir bei der Umsetzung von 200 g Zink mit 1000 g Schwefel (S<sub>8</sub>)?

**Lösung:**

**Leichte Aufgaben**

- a)  $m(\text{CH}_3\text{OH}) = 12 \text{ u} + 3 \cdot 1 \text{ u} + 16 \text{ u} + 1 \text{ u} = 32 \text{ u}$   
 b)  $n(\text{O}_2) = m(\text{O}_2) / M(\text{O}_2) = 1 \text{ g} / 32 \text{ g/mol} = 1/32 \text{ mol}$   
 $n(\text{O}) = 1/16 \text{ mol} (= 3.76 \cdot 10^{22})$   
 c)  $n(\text{He}) = m(\text{He}) / M(\text{He}) = 1 \text{ g} / 4 \text{ g/mol} = 0.25 \text{ mol} (= 1.5 \cdot 10^{23})$   
 d) 1 mol S = 32 g, 1 mol Na = 23 g, 1 mol H<sub>2</sub>O = 18 g  
 e) 1 mol CO<sub>2</sub> = 44 g, 0.5 mol: 22 g  
 1 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 98 g, 0.1 mol: 9.8 g  
 f)  $n = m/M$ ;  $M = m/n = 24.36 \text{ g} / 0.87 \text{ mol} = 28 \text{ g/mol}$  resp. 28 u  
 g)  $n = m/M$ ;  $n(\text{C}) = m(\text{C}) / M(\text{C}) = 24 \text{ g} / 12 \text{ g/mol} = 2 \text{ mol} (= 1.2 \cdot 10^{24})$   
 h)  $n(\text{O}_3) = m(\text{O}_3) / M(\text{O}_3) = 1/48 \text{ mol}$   
 $n(\text{O}) = 3/48 \text{ mol} = 1/16 \text{ mol} (= 3.76 \cdot 10^{22})$

**Halbschwere Aufgaben**

- i)  $\text{CH}_4 + 2 \cdot \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$   
 siehe untenstehende Tabelle !  
 Es werden also  $18 \cdot 12.5 = 225$  Gramm Wasser gebildet.  
 j)  $6 \cdot \text{PbO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{Pb}_3\text{O}_4$   
 siehe untenstehende Tabelle !  
 Es werden also ca. 97.6 kg PbO benötigt  
 k)  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightleftharpoons 2 \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \cdot \text{CO}_2$   
 siehe untenstehende Tabelle !  
 Es werden ca. 1.02 kg Ethanol erhalten

**Schwere Aufgaben**

- l)  $8 \cdot \text{Zn} + \text{S}_8 \rightleftharpoons 8 \text{ ZnS}$
- Die Aufgabe ist überbestimmt, zwei Situationen ausrechnen
  - siehe untenstehende Tabelle !
  - I-1: nur mit (200) g Zink
  - I-2: nur mit (1000g) Schwefel
  - Beachte, dass mit 200 g Zink und gleichzeitig 1000 g S gestartet wird
  - Variante I-2 würde 2043 g Znk benötigen, vorhanden sind aber nur 200 g
  - Variante I-1 würde alles Zink aufbrauchen, jedoch bleibt S<sub>8</sub> übrig

Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
i) C <sub>4</sub> H	16	100	100/16=6.25
i) CO <sub>2</sub>	18	225	2·6.25 = 12.5
j) Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	685.6	100'000	100'000/685.6=145.9
j) PbO	223.2	97'605	3·145.9=437.6
k) C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180	2000	11.11
k) C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46	1022	2·11.11 = 22.22
I-1) Zn	65.4	200	3.05
I-1) S <sub>8</sub>	256	97.6	3.05/8=0.38
I-1) ZnS	97.4	297.04	3.05
I-2) S <sub>8</sub>	256	1000	3.9
I-2) Zn	65.4	2043	8·3.9=31.25
I-2) ZnS	97.4	3043	31.25

### Aufgabe: st-77

Ein Auto verbraucht auf 100 km 10 Liter Diesel.

a) Berechne die Masse des entstehenden Kohlendioxids.

b) Berechne das Volumen welches das entstehende Kohlendioxid einnimmt. Annahme: Standardbedingungen

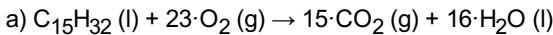
Annahme: Diesel bestehe aus einer einzigen Komponente:  $C_{15}H_{32}$

### Lösung:

**1. Hinweis:** Es gilt zu beachten, dass die Dichte des  $C_{15}H_{32}$  zu bestimmen wäre. Eine sehr kurze Internetrecherche gibt einen Wert von ca. 0.75 g/ml. Die Angabe macht Sinn, Diesel schwimmt auf dem Wasser.

**2. Hinweis:** Der Ausdruck '10 Liter Diesel werden verbraucht' gilt es derart zu interpretieren, dass der Diesel verbrannt wird.

Dementsprechend gilt es die (ausgeglichene) Reaktionsgleichung aufzustellen. Wie üblich gilt, dass bei Verbrennungsreaktion - sofern möglich - Wasser und Kohlendioxid entstehen.



Mit Dichte( $C_{15}H_{32}$ ) = 0.75 g/ml ergeben sich bei 10 Liter:  $m(C_{15}H_{32})=7.5 \text{ kg}$

Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
$C_{15}H_{32}$	212	7500	$7500/212 = 35.4$
$CO_2$	44	23349	$15 \cdot 35.4 = 530.6$

Die Rechnung zeigt, dass ca. 23 kg  $CO_2$  entstehen. Unter der Annahme, dass ca. 100 km mit 10 Liter Diesel gefahren werden können ergibt sich pro Kilometer ein  $CO_2$  Ausstoss von ca. 230 Gramm. Das Resultat entspricht ziemlich gut den aktuellen Werten, welche moderne Motoren erbringen können.

b) **Hinweis:** Es gilt bei Normalbedingungen, dass irgendein Gas (also auch Kohlendioxid) pro mol 22.4 Liter beansprucht.

Somit wäre das Volumen  $530.6 \cdot 22.4 = 11885$  Liter resp. circa  $11.8 \text{ m}^3$  resp. einem Würfel mit einer Seitenlänge von ca. 2.3m, komplett gefüllt mit  $CO_2$ .

### Aufgabe: st-78

Berechne die Massen aller beteiligten Teilchen folgender Reaktionsgleichungen

a)  $PbO + C \rightarrow Pb + CO_2$ , gegeben sei 0.528 g C.

$$M(PbO) = 223.2 \text{ g/mol}, M(Pb) = 207.2 \text{ g/mol}, M(CO_2) = 44 \text{ g/mol}$$

b)  $NaCl \rightarrow Na + Cl_2$ , gegeben sei 100 g Na.

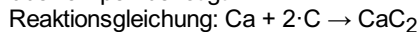
$$M(NaCl) = 58.5 \text{ g/mol}, M(Cl_2) = 71 \text{ g/mol}$$

c)  $Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$ , gegeben sei 100 Tonnen Eisen.

$$M(O_2) = 32 \text{ g/mol}, M(Fe_2O_3) = 159.6 \text{ g/mol}$$

d) Natrium (Na) und Chlorgas ( $Cl_2$ ) entstehen durch eine Schmelzelektrolyse (besonderes technisches Verfahren) aus Natriumchlorid (NaCl). Stelle die Reaktionsgleichung auf und berechne, wie viel Gramm Natriumchlorid eingesetzt werden müssen, um 100.0 g Natrium zu erhalten.

e) Calciumcarbid ( $CaC_2$ ) ist eine Festsubstanz, die mit Wasser ein brennbares Gas entwickelt, wurde früher auch für Grubenlampen benötigt.



Wieviel kg  $CaC_2$  erhält man, wenn man 50 kg Ca einsetzt? Wieviel kg Kohlenstoff wird dafür benötigt.

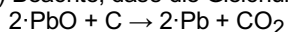
### Lösung:

· Es gelten folgende Formeln:

$$n=m/M \text{ resp. } m = n \cdot M$$

· siehe untenstehende Tabelle

a) Beachte, dass die Gleichung noch ausgeglichen werden muss:



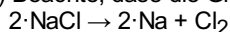
die gesuchten Massen betragen:

$$\cdot m(PbO) = 19.64 \text{ g}$$

$$\cdot m(Pb) = 18.23 \text{ g}$$

$$\cdot m(CO_2) = 1.94 \text{ g}$$

b) Beachte, dass die Gleichung noch ausgeglichen werden muss:

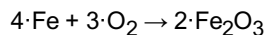


die gesuchten Massen betragen:

$$\cdot m(NaCl) = 254.4 \text{ g}$$

$$\cdot m(Cl_2) = 154.4 \text{ g}$$

c) Beachte, dass die Gleichung noch ausgeglichen werden muss:

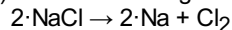


Beachte, dass 100 Tonnen Eisen gegeben sind. Die Rechnung ist in g/mol.

$$m(\text{O}_2) = \text{ca. } 42.9 \text{ Tonnen}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \text{ca. } 142.7 \text{ Tonnen}$$

d) Identisch zu Aufgabe b). Reaktionsgleichung:



e) die gesuchten Massen betragen:

· Beachte, dass die Angaben in kg sind. Umrechnung auf g

·  $m(\text{CaC}_2) = 80 \text{ kg}$

·  $m(\text{C}) = 30 \text{ kg}$

Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
a) PbO	223.2	19.64	$2 \cdot 0.044 = 0.088$
a) C	12	0.528	$0.528/12 = 0.044$
a) Pb	207.2	18.23	$2 \cdot 0.044 = 0.088$
a) CO <sub>2</sub>	44	1.94	$1 \cdot 0.044 = 0.044$
—	—	—	—
b) NaCl	58.5	254.4	4.35
b) Na	23	100	$100/23 = 4.35$
b) Cl <sub>2</sub>	71	154.4	$4.35/2 = 2.174$
—	—	—	—
c) Fe	55.9	$10^8$	$10^8/55.9 = 1'788'908$
c) O <sub>2</sub>	32	42'933'810.4	$1'788'908/4 \cdot 3 = 1'341'681$
c) Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159.6	142'754'919.5	$1'788'908/2 = 894'454$
—	—	—	—
d) NaCl	58.5	254.4	4.35
d) Na	23	100	$100/23 = 4.35$
d) Cl <sub>2</sub>	71	154.4	$4.35/2 = 2.174$
—	—	—	—
e) Ca	40	50'000	$50'000/4 = 1250$
e) C	12	30'000	$2 \cdot 1250 = 2500$
e) CaC <sub>2</sub>	64	80'000	$1 \cdot 1250 = 1250$

### Aufgabe: st-80

Wie lautet die allgemeine (ideale) Gasgleichung und was ist das?

**Lösung:**

Sie lautet  $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ , wobei ...

- p der Druck (in N/m<sup>2</sup>)
- T die Temperatur (in Kelvin)
- n die Anzahl Mol
- V das Volumen (in m<sup>3</sup>)
- und R eine Konstante (8.314 J·mol·K) ist.

### Aufgabe: st-81

Wieso spricht man eigentlich von der 'idealen' Gasgleichung?

**Lösung:**

Es gelten die nicht schlechten Annahmen, dass die Gasteilchen sich voneinander unabhängig bewegen und dass das Eigenvolumen des Gases vernachlässigbar klein ist zum beanspruchten Volumen. Bei Normalbedingungen (Null Grad Celsius sowie Druck auf Meereshöhe) ergibt sich ein Volumen von 22.4 Liter resp. 0.0224 m<sup>3</sup>

### Aufgabe: st-83

Was ist mit dem Molvolumen gemeint?

#### Lösung:

Bei Null Grad Celsius und Normaldruck ( $101'325 \text{ N/m}^2$ ) beansprucht jedes ideale Gas ein Volumen von  $0.0224 \text{ m}^3$  resp. 22.4 Liter. Dieser Wert kann aber auch berechnet werden:

- $V = n \cdot R \cdot T / p$  mit ...
- $n = 1 \text{ mol}$ ,  $R = 8.314 \text{ J/(molK)}$ ,
- $T = 273 \text{ K}$ ,  $p = 101300 \text{ N/m}^2$  ergibt
- sich ein Volumen von  $0.0224 \text{ m}^3$  resp. 22.4 Litern.

### Aufgabe: st-84

Diverse Berechnungen

- a) Eine Gasprobe nimmt bei einem Druck von 75 kPa ein Volumen von 360 ml ein. Welches Volumen nimmt die Probe bei der gleichen Temperatur unter einem Druck von 100 kPa ein ?
- b) Das Volumen einer Gasprobe beträgt 462 ml bei 35 °C und 115 kPa. Welches ist das Volumen bei Normalbedingungen ?
- c) Wieviel Liter CO (g) bei Normalbedingungen gemessen, werden benötigt, um 1.0 kg Rost ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) folgendermassen umzusetzen:  

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$$
- d) Ein Mol eines Gases beansprucht bei Normalbedingungen 22.4 Liter. Berechne die Seitenlänge des Mol-Würfels.
- e) Wieviel Kilogramm Luft sind in einem Schulzimmer?  
 Annahmen:  $180 \text{ m}^3$ , 20 °C 100'000 Pa, Luft 80%  $\text{N}_2$ , 20%  $\text{O}_2$

#### Lösung:

Beachte, dass die Gasgleichung folgendermassen umformuliert werden kann:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow p \cdot V / T = n \cdot R$$

Beachte, dass nach dieser Umformung der Term  $n \cdot R$  auf einer Seite steht. Da es sich um konstante Werte handelt, bleibt somit der Wert, egal wie gross  $p$ ,  $V$  und  $T$  sein mögen, immer gleich und folgende praktisch Gleichung resultiert:

$$p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$$

Die Werte 1 resp. 2 sollen darauf Hinweisen, dass es sich um die Situation 1 resp. 2 handelt.

- a) Es gelte  $p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$  mit ...  
 $p_1 = 75 \text{ kPa}$ ,  $V_1 = 360 \text{ ml}$ ,  $p_2 = 100 \text{ kPa}$ ,  $T_2 = T_1$   
 $V_2 = p_1 \cdot V_1 \cdot T_1 / (p_2 \cdot T_1) = p_1 \cdot V_1 / p_2$   
 $V_2 = 75 \text{ kPa} \cdot 360 \text{ ml} / 100 \text{ kPa} = 270 \text{ ml}$
- b) Es gelte  $p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$  mit ...  
 $p_1 = 115 \text{ kPa} = 115'000 \text{ Pa}$ ,  $V_1 = 462 \text{ ml}$ ,  $T_1 = 35 \text{ °C} = 308 \text{ K}$   
 $p_2 = 103'000 \text{ Pa}$ ,  $T_2 = 0 \text{ °C} = 273 \text{ K}$   
 $V_2 = p_1 \cdot V_1 \cdot T_2 / (p_2 \cdot T_1)$   
 $V_2 = 115'000 \text{ Pa} \cdot 462 \text{ ml} \cdot 273 \text{ K} / (308 \text{ K} \cdot 101'000 \text{ Pa}) = 466 \text{ ml}$
- c) Auggleichen der Reaktionsgleichung:  
 $1 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \cdot (\text{g}) \text{CO} \rightarrow 2 \cdot \text{Fe} + 3 \cdot \text{CO}_2$   
 $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m/M = 1000/159.6 = 6.27 \text{ mol}$   
 $n(\text{CO}) = 3 \cdot 6.27 = 18.8 \text{ mol}$   
 1 mol (bei Standardbedingungen) entspricht 22.4 L  
 18.8 mol : 421 Liter
- d)  $x^3 = 22.4 \text{ L} = 22.4 \text{ dm}^3 = 0.0224 \text{ m}^3$   
 $x = \sqrt[3]{(0.0224 \text{ m}^3)} = 0.28 \text{ Meter}$
- e) Es gelte  $p_1 \cdot V_1 / T_1 = p_2 \cdot V_2 / T_2$  mit ...  
 $p_1 = 101'300 \text{ Pa}$ ,  $V_1 = 22.4 \text{ L}$ ,  $T_1 = 0 \text{ °C} = 273 \text{ K}$   
 $p_2 = 100'000 \text{ Pa}$ ,  $T_2 = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}$   
 $V_2 = p_1 \cdot V_1 \cdot T_2 / (p_2 \cdot T_1)$   
 $V_2 = 101300 \cdot 22.4 \cdot 293 / (273 \cdot 100'000) = 24.35 \text{ L}$   
 Dichte(Luft) =  $(0.8 \cdot 28 + 0.2 \cdot 32) / 24.35 = 1.18 \text{ g/L}$   
 $1.18 \text{ g/L} = 1.18 \text{ kg/m}^3$   
 $180 \text{ m}^3 \rightarrow 212.4 \text{ kg}$

### Aufgabe: st-90

Diverse Berechnungen rund um die Konzentration.

- a) 5 Gramm Kochsalz wird in ein Liter Wasser gegeben. Welche Konzentration hat die Lösung?
- b) 18 g  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  werden in 120 ml Wasser gelöst. Welche Konzentration hat die Lösung?

- c) 10 ml einer 0.02 mol/l Vitamin C Lösung wurden produziert. Welche Masse hatte die eingewogene Masse?  
Hinweis:  $M(\text{Vitamin C}) = 176.13 \text{ g/mol}$
- d) Es sollen 100 ml einer Magnesiumbromidlösung ( $\text{MgBr}_2$ ) mit der Konzentration von  $c = 0.02 \text{ mol/L}$  hergestellt werden.  
Wie kann diese Lösung im Chemielabor hergestellt werden?
- e) Ein Liter einer Kochsalzlösung wiege 1.34 kg. Welche Konzentration hat die Lösung?

Zur Erinnerung:  $c = n/V = m/MV$

**Lösung:**

Das Volumen muss in Liter angegeben werden.

- a)  $c = m(\text{NaCl})/M(\text{NaCl})/V = 5\text{g}/58.5\text{g/mol}/1.0 \text{ L} = 0.085 \text{ mol/l}$
- b)  $c = m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)/M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)/V = 18\text{g}/180\text{g/mol}/0.12\text{L} = 0.833 \text{ mol/l}$
- c)  $c = n/V = m/MV \rightarrow m = c \cdot V \cdot M$   
 $m = 0.02 \text{ mol/l} \cdot 0.01 \text{ l} \cdot 176.13 \text{ g/mol} = 0.035 \text{ g}$
- d)  $c = n/V = m/MV \rightarrow m = c \cdot V \cdot M$   
 $M(\text{MgBr}_2) = 184.3 \text{ g/mol}$   
 $m = 0.02 \text{ mol/L} \cdot 0.1 \text{ L} \cdot 184.3 \text{ g/mol} = 0.3686 \text{ g}$   
Es müssen also 0.3686 Gramm  $\text{MgBr}_2$  eingewogen werden und soviel Wasser hinzugefügt werden, dass das Schlussvolumen 100 ml beträgt.
- e) Annahme: 1 Liter Wasser sei 1.0 kg, der Rest also Kochsalz: 340 Gramm  
 $n = m(\text{NaCl})/M(\text{NaCl}) = 340\text{g}/58.5 \text{ g/mol} = 5.81 \text{ mol}$   
 $c = n/V = 5.81 \text{ mol} / 1.0 \text{ L} = 5.81 \text{ mol/L}$

**Aufgabe: st-92**

1 Gramm Gold soll auf die Weltmeere verteilt werden. Wieviele Goldatome befinden sich pro Liter.

**Hinweis:** Annahmen: diverse resp. abschätzen.

**Lösung:**

- Idee: ca. 60% der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt, Erdradius ca. 6000 km, durchschnittliche Wassertiefe ca. 3 km
- all diese Annahmen liefern ein Volumen von  $0.814 \cdot 10^9 \text{ km}^3$
- Wikipedia hat fast das gleiche Volumen:  
 $V = 1.338 \cdot 10^9 \text{ km}^3 = 1.338 \cdot 10^{21} \text{ Liter}$   
im folgenden wird mit dem Wikipedia-Wert weitergerechnet
- $1 \text{ g Au} \rightarrow n(\text{Au}) = 1\text{g}/197\text{g/mol} = 1/197 \text{ mol}$
- $1/197 \text{ mol} \approx 3.057 \cdot 10^{21} \text{ Au-Atome}$
- $3.057 \cdot 10^{21} / 1.338 \cdot 10^{21} = 2.28 \text{ Atome pro Liter}$

**Aufgabe: st-93**

Berechne die Stoffmengenkonzentration von Saccharose (Haushaltszucker,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ), in einer Tasse Kaffee (150 ml), wenn darin ein Würfelzucker ( $m = 7.7 \text{ g}$ ) aufgelöst wird.  
Zusatz: Wie viele Moleküle Koffein ( $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ ) befinden sich nach einem Kaffee im Körper, wenn in einer Tasse Kaffee 80 mg davon aufgelöst waren?

**Lösung:**

- $c = n/V = m/MV$   
 $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342 \text{ g/mol}$   
 $c = 7.7\text{g}/342\text{g/mol} / 0.15 \text{ L} = 0.15 \text{ mol/L}$
- Zusatzaufgabe:
- $n = m/M$   
 $M(\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2) = 194 \text{ g/mol}$ 
  - $n = 0.08/194 = 0.000412 \text{ mol} = 4.12 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
  - $1 \text{ mol} = 6.022 \cdot 10^{23}$
  - $4.12 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \rightarrow 2.48 \cdot 10^{20}$

**Aufgabe: st-94**

Diverse Berechnungen rund um die Konzentration.

- a) Zu 150 ml einer Lösung mit  $c = 0.3 \text{ mol/l}$  werden 200 ml Wasser gegeben. Welche Konzentration
- b) Zu 300 ml einer Lösung mit  $c = 0.3 \text{ mol/l}$  werden 200 ml einer (gleichen) Lösung mit  $c = 0.5 \text{ mol/L}$  gegeben. Welche Konzentration hat die Lösung jetzt?
- c) Gegeben sei 1.5 L einer Kochsalzlösung mit  $c = 0.15 \text{ mol/L}$ .  
Nun sollen aber 2.0 L einer Kochsalzlösung mit  $c = 0.3 \text{ mol/L}$  hergestellt werden. Wie viele Gramm Kochsalz sowie Wasser

muss zur gegebenen Kochsalzlösung noch zusätzlich dazugegeben werden.

**Lösung:**

- a)  $c = n/V$  resp.  $n = c \cdot V$   
 $n(\text{Lösung}) = c \cdot V = 0.3 \text{ mol/l} \cdot 0.15 \text{ l} = 0.045 \text{ mol}$   
 neues Volumen:  $150 \text{ ml} + 200 \text{ ml} = 350 \text{ ml}$  resp.  $0.35 \text{ L}$   
 $c = n/V = 0.045 \text{ mol} / 0.35 \text{ L} = 0.129 \text{ mol/L}$
- b)  $c = n/V$  resp.  $n = c \cdot V$   
 $n_1(\text{Lösung}) = c_1 \cdot V_1 = 0.3 \text{ mol/l} \cdot 0.3 \text{ l} = 0.09 \text{ mol}$   
 $n_2(\text{Lösung}) = c_2 \cdot V_2 = 0.5 \text{ mol/l} \cdot 0.2 \text{ l} = 0.1 \text{ mol}$   
 neue n:  $n_1 + n_2 = 0.19 \text{ mol}$   
 neues Volumen:  $300 \text{ ml} + 200 \text{ ml} = 500 \text{ ml}$  resp.  $0.55 \text{ L}$   
 $c = n/V = 0.19 \text{ mol} / 0.5 \text{ L} = 0.38 \text{ mol/L}$
- c) Zusätzliches Volumen:  $2.0 \text{ L} - 1.5 \text{ L} = 0.5 \text{ L}$   
 $n_1(1.5 \text{ L Lösung}) = c_1 \cdot V_1 = 0.15 \text{ mol/L} \cdot 1.5 \text{ L} = 0.225 \text{ mol}$   
 $n_2(2.0 \text{ L Lösung}) = c_2 \cdot V_2 = 0.3 \text{ mol/L} \cdot 2 \text{ L} = 0.6 \text{ mol}$   
 mit  $n=m/M$  resp.  $m(\text{NaCl}) = n \cdot M(\text{NaCl})$   
 $M(\text{NaCl}) = 58.5 \text{ g/mol}$   
 $m_1(\text{NaCl}) = 0.225 \text{ mol} \cdot 58.5 \text{ g/mol} = 13.16 \text{ g}$   
 $m_2(\text{NaCl}) = 0.6 \text{ mol} \cdot 58.5 \text{ g/mol} = 35.1 \text{ g}$   
 Zusätzlichge Menge NaCl =  $35.1 - 13.16 = \text{ca. } 22 \text{ Gramm}$

**Aufgabe: st-95**

Eine Lösung hat eine Masse von 120 Gramm. Ihr Volumen beträgt 110 ml. Berechne ihre Dichte.

**Lösung:**

- Dichte =  $m/V$
- $d = 120 \text{ g} / 110 \text{ ml} = 1.09 \text{ g/ml}$

**Aufgabe: st-96**

Berechne folgende Dichten:

- a) Berechne die Dichte folgender Gase:  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  und  $\text{CO}_2$  bei Normalbedingungen
- b) Berechne die Dichte der Luft
- c) Erkläre, wieso ein Feuer mit einem  $\text{CO}_2$ -Löscher gelöscht werden kann.

**Lösung:**

Hinweis: Normalbedingungen bei Gasen heisst: ein mol beansprucht 22.4 L

Somit gilt:  $n = 1$ ,  $V = 22.4 \text{ L}$

Aus Dichte= $m/V$  und  $n=m/M$  folgt:  $D=n \cdot M/V$

- a) Dichte =  $m/V = n \cdot M/V$   
 $\text{Dichte}(\text{CO}_2) = 1 \text{ mol} \cdot M(\text{CO}_2) / 22.4 \text{ L} = 44 / 22.4 = 1.96 \text{ g/L}$   
 $\text{Dichte}(\text{O}_2) = 32 / 22.4 = 1.43 \text{ g/L}$   
 $\text{Dichte}(\text{N}_2) = 28 / 22.4 = 1.25 \text{ g/L}$
- b) Luft bestehe zu 80% aus  $\text{N}_2$  sowie 20%  $\text{O}_2$   
 Bestandteil  $\text{N}_2$ : 80% eines mols: 0.8 mol  
 Bestandteil  $\text{O}_2$ : 20% eines mols: 0.2 mol  
 $\text{Dichte}(\text{Luft}) = (0.8 \cdot M(\text{N}_2) + 0.2 \cdot M(\text{O}_2)) / 22.4 = (0.8 \cdot 28 + 0.2 \cdot 32) / 22.4 = 1.29 \text{ g/L}$
- c) Die Dichte von  $\text{CO}_2$  beträgt 1.96 g/L, von der Luft 1.29 g/L. Somit ist  $\text{CO}_2$  'schwerer' wie die Luft und verdrängt somit das 'leichtere'  $\text{O}_2$  (Dichte 1.43 g/L), die Flamme erstickt, da kein Sauerstoff zur Kerzenflamme dringen kann.

## Thema: Thermodynamik, Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [thermo-01](#) : Joule
- Ab [thermo-10](#) : Enthalpie - Entropie
- Ab [thermo-30](#) : Einstein, Massenverlust
- Ab [thermo-40](#) : Gibbs, Siedepunkte

### Aufgabe: thermo-01

Angenommen, man hätte 1 Joule zur Verfügung. Was kann damit alles gemacht werden?

**Lösung:**

- eine Schokolade (ca. 100 Gramm resp. 0.1 kg) um einen Meter hochheben  
 $E = m \cdot g \cdot h = 0.1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ J}$
- Ein Gramm Wasser um 0.239 K erwärmen
- Ein Herzschlag des Menschen verbraucht ca. 1 J
- Eine Masse von 2 kg aus der Ruhe auf  $v=1\text{m/s}$  zu beschleunigen  
 $E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

### Aufgabe: thermo-02

Angenommen, man hätte 1 kJ (1000 Joule) zur Verfügung.

- Um wieviel Grad Celsius kann ein Liter Wasser damit erwärmt werden.  
Hinweis: Um 1 Gramm Wasser um 1 Grad Celsius zu erwärmen, benötigt man etwa 4.18 Joule.
- Wie lange brennt eine Glühbirne mit der Angabe 100 Watt?
- Welche Masse kann von 0 m/s auf 1 m/s beschleunigt werden.  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- Wieviele Herzschläge resp. wie lange kann das Herz pochen? Annahme: die Leistung des Herzens betrage 1 Watt.
- Bei einer späteren Aufgabe ('Pentanexplosion') werden 6.8 kJ freigesetzt. Um wieviele Meter könnte ein Chemielehrer mit dieser Energie hochgehoben werden?

**Lösung:**

- Erwärmung um ca. 0.239 °C
- Die Angabe 100 Watt bedeute, dass pro Sekunde 100 Joule benötigt werden. Somit kann die Glühbirne 10 Sekunden betrieben werden
- $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$   
 $1000 \text{ J} = \frac{1}{2} \cdot x \cdot 1^2$   
 $x = 2000 \text{ kg}$
- 1 Watt = 1 Joule pro Sekunde. Somit kann das Herz 1000 Sekunden (ca 1/4 h) schlagen
- $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$   
 mit Chemielehrer 68 kg (circa !)  
 mit  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
 $h = E_{\text{pot}} / (m \cdot g) = 6800 \text{ J} / (68 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2) = 10 \text{ Meter}$

### Aufgabe: thermo-03

Um den Eiffelturm zu besteigen, muss Energie aufgewendet werden, die dem Körper durch Nahrung zugeführt werden kann. Wie viele Gummibärchen muss man also essen, um die Energie zu kompensieren, die für den Aufstieg auf den Eiffelturm benötigt wird?  
Hinweis: Unbekannte Grössen sollen selber nachgeschlagen werden.

**Lösung:**

Diverse Grössen müssen nachgeschlagen oder abgeschätzt werden:

Höhe Eiffelturm: 300 Meter

Energiegehalt Gummibären, 100 Gramm, 1472 kJ. Annahme, dass der Körper 3/4 der Energie umwandeln kann, somit stehen ca.  $\frac{3}{4} \cdot 1472 = 1104 \text{ kJ}$  zur Verfügung

Masse Person (z.B. Chemielehrer) 75 kg

- Energie welche benötigt wird, um 75 kg auf 300 m zu hochheben  
 $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 75 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 300 \text{ m} = 225'000 \text{ J} = 225 \text{ kJ}$
- ca.  $1104/225 = 5$  · den Eiffelturm hochlaufen resp. ca. 1/5 der Packung (20 Gramm) um einmal den Eiffelturm hochzusteigen

### Aufgabe: thermo-04

- Wie viele Kilojoule Wärme werden erzeugt, wenn ein 1000 kg schweres Auto vom 95 km/h komplett abgebremst wird?

- b) Wie viel kg Wasser könnte man von 10°C auf 60°C mit der Energiemenge der vorhergehenden Aufgabe erwärmen?  
 c) Ein Wassertropfen fällt aus einer Wolke. Um wieviel Grad Celsius erwärmt er sich dabei theoretisch aufgrund der Energieumwandlung

**Lösung:**

- a)  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 1000\text{kg} \cdot (26.38\text{m/s})^2 = 348'187 \text{ J}$   
 b)  $E_{\text{kin}} = Q = c_w \cdot m \cdot \Delta T$   
 $m = Q/(c_w \cdot \Delta T) = 348'187 \text{ J} / (4182 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 50 \text{ K}) = 1.665 \text{ kg}$   
 c)  $E_{\text{pot}} = Q$   
 $m \cdot g \cdot h = c_w \cdot m \cdot \Delta T$   
 Massen kürzen sich raus, Annahme  $h = 5000 \text{ m}$   
 $\Delta T = g \cdot h / c_w = 10\text{m/s}^2 \cdot 5000 \text{ m} / 4182\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 11.7^\circ\text{C}$

**Aufgabe: thermo-05**

Man mischt 1 kg schmelzendes Eis und 1 kg siedendes Eis. Welche Temperatur hat die Mischung, wenn alles Eis geschmolzen ist?

**Lösung:**

- Grundgedanke: Das heisse Wasser kühlt sich ab, das kalte Wasser erwärmt sich
- Es gelten folgende Abkürzungen: H für Heiss, K für Kalt, M für Mischung
- Das Eis muss zuerst geschmolzen werden ( $L_f$  ist die benötigte Energie) und kann dann erst auf die Mischtemperatur erwärmt werden
- $Q(100^\circ\text{C} \rightarrow T_M) = Q(\text{Eis schmelzen}, 0^\circ\text{C} \rightarrow T_M)$
- $m_H \cdot c_w \cdot (100^\circ\text{C} - T_M) = m_K \cdot L_f + m_K \cdot c_w \cdot (T_M - 0^\circ\text{C})$
- Celsius in Kelvin umrechnen,  $m_H = m_K = m$
- $m \cdot c_w \cdot (373\text{K} - T_M) = m \cdot L_f + m \cdot c_w \cdot (T_M - 273\text{K})$
- $T_M = [c_w \cdot (373\text{K} + 273\text{K}) - L_f] / (2 \cdot c_w)$
- $T_M = [4.185\text{kJ/kgK} \cdot (373\text{K} + 273\text{K}) - 335.5\text{kJ}] / (2 \cdot 4.185\text{kJ/kgK}) = 283.2 \text{ K} = 10.2^\circ\text{C}$

**Aufgabe: thermo-06**

Bestimme den Heizwert von Brennsprit ('Spiritus') aus folgenden Angaben: 500 Gramm Wasser werden durch 1 Gramm Brennsprit von 20.4°C auf 22.7°C erwärmt.

**Hinweis:** Der Heizwert H wird in Joule (resp. kJ) pro kg angegeben

**Lösung:**

- Die Abkürzung S steht Spiritus
- Auch aus der Betrachtung der Einheiten (rechte Seite der Gleichung in Joule, deshalb muss auch die linke Seite in J sein)
- $H \cdot m_S = m_W \cdot c_w \cdot \Delta T$
- $H = m_W \cdot c_w \cdot \Delta T / m_S = 0.5 \text{ kg} \cdot 4182 \text{ J/kgK} \cdot 2.3 \text{ K} / 0.001 \text{ kg} = 4'809'300 \text{ J/kg} = 4809 \text{ kJ/kg}$

**Aufgabe: thermo-07**

Folgendes Experiment: eine Haselnuss erwärme Wasser in einem Glasgefäss. Gib eine Gleichung an, worin der in der Nuss 'gespeicherte' Brennwert abgegeben wird.

**Lösung:**

Die Haselnuss verbrennt (nicht komplett), es wird Wasser, das Glas sowie die Umgebung erwärmt.

- Die Haselnuss verbrennt (nicht komplett), es wird Wasser, das Glas sowie die Umgebung erwärmt.
- Die Nuss verbrennt nicht komplett, nur die Masse der verbrannten Nuss liefert Energie, somit darf nur  $\Delta m(\text{Nuss})$  betrachtet werden
- Zu Beginn habe alles die Temperatur  $T_0$
- W bezieht sich auf Wasser, G auf das Glas, L auf die Luft
- Nach dem Erwärmen habe das Wasser die Temp  $T_W$ , das Glas  $T_G$ , die Luft  $T_L$
- $H \cdot \Delta m(\text{Nuss}) = c_w \cdot m_w \cdot (T_W - T_0) + c_G \cdot m_G \cdot (T_G - T_0) + c_L \cdot m_L \cdot (T_L - T_0) + \text{Wärmestrahlung}$

**Aufgabe: thermo-10**

Wie berechnet sich die Reaktionsenthalpie einer beliebigen Reaktion?

**Lösung:**

Kurze Antwort, ganz grob: 'Produkt' - 'Edukte'

Ausführlicher und genauer: Die Summe der (Standard)-Reaktionsenthalpien der Produkte minus die Summe der (Standard)-Reaktionsenthalpien der Edukte. Die gleiche Information, kompakter in mathematischer Form:

$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{Edukte})$$

### Aufgabe: thermo-11

Überlege Dir für jeden der folgenden Vorgänge, ob jeweils eine Zunahme oder eine Abnahme der Entropie sowie der Enthalpie des chemischen Systems zu erwarten ist (z.B.  $\Delta H_R^\circ > 0$  etc.):

- $\text{CO}_2(\text{s})$  sublimiert zu  $\text{CO}_2(\text{g})$
- Erwärmung von  $\text{CaCO}_3(\text{s})$
- $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{CaO}(\text{s}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s})$
- $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 0.5 \cdot \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
- $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \cdot \text{NH}_4\text{SCN}(\text{s}) \rightarrow \text{Ba}(\text{SCN})_2 + 2 \cdot \text{NH}_3(\text{g}) + 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$

### Lösung:

- a)  $\text{CO}_2(\text{s})$  sublimiert zu  $\text{CO}_2(\text{g})$ :

$$\Delta S_R^\circ > 0, \Delta H_R^\circ > 0$$

$\Delta S_R^\circ > 0$ , da  $\text{CO}_2$  von fest (s) zu gasförmig (g) überführt wird

$\Delta H_R^\circ > 0$ , da  $\text{CO}_2$  zuerst verflüssigt und dann in den gasförmigen Zustand überführt wird, endothermer Vorgang

- b) Erwärmung von  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ :

$$\Delta S_R^\circ > 0, \Delta H_R^\circ > 0$$

$\Delta S_R^\circ$  bei einer Temperaturerhöhung bewegen sich die Teilchen heftiger (hin und her),  $dS$  daher  $> 0$

$\Delta H_R^\circ > 0$ , da Erwärmung, sprich es muss Energie investiert werden, endothermer Vorgang

- c)  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{CaO}(\text{s}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s})$ :

$$\Delta S_R^\circ < 0, \Delta H_R^\circ < 0$$

$\Delta S_R^\circ < 0$ , da aus zwei Teilchen ein Teilchen wird. Zudem zum Teil Übergang aus Gasphase in feste Phase.

Experiment (oder könnte berechnet werden), exothermer Vorgang,  $\Delta H_R^\circ < 0$

- d)  $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 0.5 \cdot \text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ :

$$\Delta S_R^\circ > 0, \Delta H_R^\circ > 0$$

$\Delta S_R^\circ > 0$ , da Übergänge von fest  $\rightarrow$  flüssig  $\rightarrow$  gasförmig, zudem entstehen mehr Teilchen

$\Delta H_R^\circ > 0$ , Alltagserfahrung: überführen von fest  $\rightarrow$  flüssig etc. braucht Energie, endothermer Vorgang

- e)  $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{s}) + 2 \cdot \text{NH}_4\text{SCN}(\text{s}) \rightarrow \text{Ba}(\text{SCN})_2(\text{aq}) + 2 \cdot \text{NH}_3(\text{g}) + 2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ :

$$\Delta S_R^\circ > 0, \Delta H_R^\circ > 0$$

$\Delta S_R^\circ > 0$ , da aus den zwei Feststoffen eine Flüssigkeit, ein Gas und im Wasser aquatisierte  $\text{Ba}(\text{SCN})_2$  vorliegt

Experiment, typische Kältemischung. Beim Vermengen der beiden Salze kühlt sich die Mischung ab, endothermer Vorgang,  $\Delta H_R^\circ > 0$

- f)  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{HCl}(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$ :

$$\Delta S_R^\circ < 0, \Delta H_R^\circ < 0$$

$\Delta S_R^\circ < 0$ , aus zwei (Gas)-Teilchen wird ein Teilchen

$\Delta H_R^\circ < 0$ , Begründung jedoch nur mit einer Berechnung möglich

### Aufgabe: thermo-12

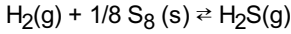
Gegeben sei das Molekül  $\text{C}_2\text{H}_6$  sowie  $\text{CH}_4$ . Welches dieser beiden Verbindungen weist eine höhere Entropie auf. Begründe deine Wahl.

**Lösung:**

Hinweis: C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> weist mehr Atome auf und somit eine höhere Entropie gibt zwar das korrekte Resultat, aber die Begründung ist völlig falsch! C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> weist deshalb eine grössere Entropie als CH<sub>4</sub> auf, weil sich dem C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> aufgrund seiner C-C-Bindung noch weitere zusätzliche Anordnungsmöglichkeiten bieten: Das C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> kann entlang seiner C-C-Achse interne Rotationen vollführen, diese tragen ebenfalls zum gesamten Entropiewert bei.

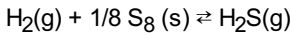
**Aufgabe: thermo-13**

Berechne die Standard-Reaktionsenthalpie folgender Reaktion:



**Lösung:**

Folgende Werte für ΔH<sub>f</sub><sup>0</sup> können aus Tabellen entnommen werden. Falls ein Wert nicht gefunden wird: allgemein weiterrechnen mit x, y etc.



$$\Delta H_f^0(\text{H}_2(\text{s})) = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^0(\text{S}_8(\text{s})) = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^0(\text{H}_2(\text{g})) = x \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_R^0 = \sum \Delta H_f^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^0(\text{Edukte})$$

$$\Delta H_R^0 = \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{S}(\text{s})) - (\Delta H_f^0(\text{H}_2(\text{s})) + 1/8 \Delta H_f^0(\text{S}_8(\text{s})))$$

$$\Delta H_R^0 = x - (0 + 0) = x$$

**Aufgabe: thermo-14**

Beim Umsatz von 60 Gramm Traubenzucker werden x kJ frei. Berechne daraus die ΔH<sub>f</sub><sup>0</sup>.

**Lösung:**

$$M(\text{Traubenzucker}) = M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \text{ Gramm}$$

Mit 60 g C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> x kJ, bei einem Mol (=180 g) somit 3·x.

$$\Delta H_f^0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 3 \cdot x \text{ kJ/mol.}$$

**Aufgabe: thermo-15**

Glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) kann unterschiedlich umgesetzt werden: aerob (mit O<sub>2</sub>) sowie anaerob (ohne O<sub>2</sub>).

Formuliere für beide Reaktionen die Reaktionsgleichung und berechne jeweils die Standard-Reaktionsenthalpie.

Hinweis I: falls die ΔH<sub>f</sub><sup>0</sup> unbekannt sind, dann rechne allgemein mit x, y etc.

Hinweis II: Aggregatzustand angeben

**Lösung:**

$$\Delta H_f^0(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = -1268 \text{ kJ/mol}$$

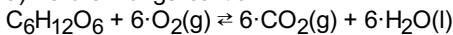
$$\Delta H_f^0(\text{O}_2)(\text{g}) = 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^0(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})(\text{l}) = -278 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O})(\text{g}) = -286 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^0(\text{CO}_2) = -393 \text{ kJ/mol}$$

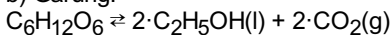
a) Verbrennungsreaktion:



$$\Delta H_R^0 = \sum \Delta H_f^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^0(\text{Edukte})$$

$$\Delta H_R^0 = (6 \cdot -393 + 6 \cdot -286) - (-1268 + 6 \cdot 0) = -2806 \text{ kJ/mol}$$

b) Gärung:



Hinweis: C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH nennt sich Alkohol

$$\Delta H_R^0 = \sum \Delta H_f^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^0(\text{Edukte})$$

$$\Delta H_R^0 = (2 \cdot -278 + 2 \cdot -393) - (-1268) = -74 \text{ kJ/mol}$$

**Aufgabe: thermo-16**

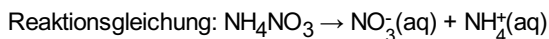
Ein Kältebeutel besteht aus folgenden Zutaten: 25 g NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (Ammoniumnitrat) und 75 ml Wasser. Nun wird das Ammoniumnitrat in Wasser aufgelöst. Um wie viel Grad Celsius kühlt sich die Mischung ab?

Hinweis 1: Die (spezifische) Wärmekapazität c<sub>w</sub> des Wasser beträgt 75.3 J/(K·mol) resp. 4.18 J/(K·kg).

Hinweis 2: Q = m · c · ΔT

Hinweis 3: Das Ammoniumnitrat löst sich in Wasser in seine Ionen auf, der Name gibt einen Hinweis darauf welche.

**Lösung:**



$\Delta H_f^\circ(\text{NH}_4\text{NO}_3) = -366 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ(\text{NO}_3^-(\text{aq})) = -207 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ(\text{NH}_4^+(\text{aq})) = -132 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{Edukte})$

$\Delta H_R^\circ = (-207 + -132) - (-366) = + 27 \text{ kJ/mol}$

Interpretation: pro Mol Ammoniumnitrat werden 27 kJ 'verbraucht', um in Lösung zu gehen.

Gegeben waren aber nicht ein Mol  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , sondern nur 25 Gramm. Ein Mol  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  entsprechen 80 Gramm, somit werden 8.44 kJ (27·25/80) investiert, um die Lösung zu kühlen.

Mit  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$  ergibt sich

$\Delta T = Q / (m \cdot c) = 8440 \text{ J} / (0.075 \text{ kg} \cdot 4180 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{kg})) = + 26.9 \text{ K}$

Da die Reaktion endotherm ist ( $dH_R > 0$ ), kühlt sie sich um 26.9 K (resp. 26.9°C) ab.

**Aufgabe: thermo-17**

Zum Schweißen und Schneiden benötigt man ein Brenngas. Meist nimmt man dazu Ethin ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Wieso nimmt man nicht das billigere Methan ( $\text{CH}_4$ )?

Hinweis: Formuliere für beide Gase die Verbrennungsreaktion und bestimme pro (!) Molekül  $\text{C}_2\text{H}_2$  resp.  $\text{CH}_4$  die Reaktionsenthalpie!

$\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4) = -75 \text{ kJ/mol}$

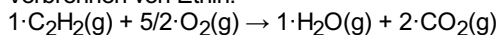
$\Delta H_f^\circ(\text{C}_2\text{H}_2) = 227 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -285 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ(\text{CO}_2) = -393 \text{ kJ/mol}$

**Lösung:**

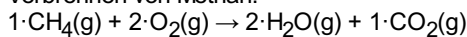
Verbrennen von Ethin:



$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{Edukte})$

$\Delta H_R^\circ = (1 \cdot -285 + 2 \cdot -393) - (1 \cdot 227 + 5/2 \cdot 0) = -1298 \text{ kJ/mol}$

Verbrennen von Methan:



$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{Edukte})$

$\Delta H_R^\circ = (2 \cdot -285 + 1 \cdot -393) - (1 \cdot -75 + 2 \cdot 0) = -880 \text{ kJ/mol}$

Die Rechnung zeigt, dass pro Umsatz eines Mols Ethins circa 1.5 mal mehr Energie freigesetzt wird als beim Methan.

**Aufgabe: thermo-18**

Berechne die  $\Delta H_f^\circ$  von Kohlenmonoxid. Betrachte dazu folgende Reaktion:



**Lösung:**

$\Delta H_R^\circ = [\Delta H_f^\circ(\text{CO}(\text{g})) + 3 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{H}_2(\text{g}))] - [\Delta H_f^\circ(\text{CH}_4) + \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l}))]$   $\Delta H_R^\circ = 249.5 \text{ kJ/mol} = [x + 3 \cdot 0] - [-74.85 + -285.83]$

x = ...

**Aufgabe: thermo-19**

Angenommen, man entscheidet sich für die nicht gesunde Variante, dass die komplette tägliche Energieaufnahme mittels trinken von Alkohol (40% Schnaps) realisiert wird. Es gelten folgende Annahmen und Vorgaben:

Trinkalkohol wäre  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (Ethanol), Dichte von reinem Alkohol sei 0.9 g/ml

Annahme: Der Alkohol wird im Körper veratmet, d.h. mit  $\text{O}_2$  umgesetzt.

Hinweis 1: Berechne zuerst die Reaktionsenthalpie, inklusive Aggregatzustand

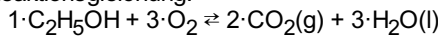
Hinweis 2: Berechne aus  $\Delta H_R^\circ$  und der Menge Ethanol pro Liter Schnaps die benötigte Menge, um die Energiezufuhr zu realisieren

Hinweis 3: Der tägliche Energiebedarf betrage 9200 kJ

Hinweis 4: Für die Profis: Die Berechnungsgrundlage ist nicht komplett, eigentlich müsste die freie Reaktionsenthalpie bei Körpertemperatur berechnet werden. Siehe Details nachfolgende Aufgabe thermo-108. Man sieht aber, dass das Resultat sich nur um ca. 10 Prozent verändern würde

**Lösung:**

Reaktionsgleichung:



$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{Edukte})$$

$$\Delta H_R^\circ = (2 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) + 3 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l}))) - (\Delta H_f^\circ(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + 3 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{O}_2))$$

$$\Delta H_R^\circ = (2 \cdot -393 + 3 \cdot -286) - (-278 + 3 \cdot 0) = -1366 \text{ kJ/mol}$$

Somit weiss man nun, dass pro Mol Ethanol 1366 kJ freigesetzt werden

Nächste zu lösende Frage: Wie viel Gramm Ethanol sind im Schnaps?

1 Liter Schnaps, 40%, dh. 400 ml reinen Ethanol. Mit der Dichte von 0.9 g/ml ergeben sich somit 360 Gramm Ethanol

$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ g/mol}$ , somit

$$n = m/M = 360 / 46 = 7.8 \text{ mol}$$

Pro Flasche Schnaps sind somit 7.8 mol à -1366 kJ, also - 10690 kJ enthalten

Für einen Tagesbedarf von 9200 kJ braucht es also ca. 860 ml

### Aufgabe: thermo-20

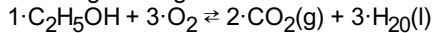
Analoge Aufgabe zu thermo-18. Es soll aber nur die freie Reaktionsenthalpie bei Körpertemperatur für die Veratmung (Verbrennung) von Ethanol berechnet werden.

**Lösung:**

Wertetabelle:

	$\Delta H_f^\circ(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$S^\circ(\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$
EtOH(l)	-277	161
O <sub>2</sub> (g)	0	205
CO <sub>2</sub> (g)	-393	214
H <sub>2</sub> O (l)	-286	67

Reaktionsgleichung:



$$\Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{Edukte})$$

$$\Delta H_R^\circ = (2 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) + 3 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l})) - (\Delta H_f^\circ(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}, \text{l}) + 3 \cdot \Delta H_f^\circ(\text{O}_2, \text{g}))$$

$$\Delta H_R^\circ = (2 \cdot -393 + 3 \cdot -286) - (-277 + 3 \cdot 0) = -1367 \text{ kJ/mol (Analog zur Aufgabe thermo-107)}$$

$$\Delta S_R^\circ = (2 \cdot S^\circ(\text{CO}_2, \text{g}) + 3 \cdot S^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l})) - (S^\circ(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}, \text{l}) + 3 \cdot S^\circ(\text{O}_2, \text{g}))$$

$$\Delta S_R^\circ = (2 \cdot 214 + 3 \cdot 67) - (161 + 3 \cdot 205) = -147 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta G_R^\circ = \Delta H_R^\circ - T \cdot \Delta S_R^\circ$$

$$\Delta G_R^\circ = -1367 - (273+37) \cdot -0.147 = -1321.43 \text{ kJ/mol}$$

Das Resultat ist ein wenig weniger exergonisch wie die ähnliche Berechnung der Aufgabe 107. Quintessenz: die benötigte Menge Alkohol wäre um ca. 4% grösser.

### Aufgabe: thermo-21

In einer Posterrolle (Durchmesser 6 cm, Länge 72 cm) werden wenige Tropfen Pentan (1/4 ml) gegeben und mit das Luft-Pentan-Gemisch entzündet.

a) Berechne die Reaktionsenthalpie.

b) Experimentell zeigt es sich, dass zuviel Pentan keine bessere Explosion liefert, das Luft-Pentan-Gemisch sollte also optimal sein.

Berechne die maximale Menge an Petnan

Hintergrund: wunderbarer Versuch für den Unterricht.

Hinweis: unbekannte Grössen - Moleküle selber eruieren.

**Lösung:**

Hinweis: Pentan C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, M(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>), Dichte(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) = 0.63 g/ml

Annahmen:

Pentan C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, M(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) = 72 g/mol

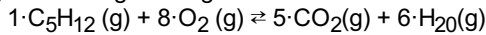
Dichte(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) = 0.626 g/ml

dHf0(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) = -147 kJ/mol

Alle beteiligten Stoffe gasförmig

Experiment bei 25°C (293 K)

a) Reaktionsgleichung:



$$\Delta H_R^0 = \sum \Delta H_f^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^0(\text{Edukte})$$

$$\Delta H_R^0 = (5 \cdot \Delta H_f^0(\text{CO}_2, \text{g}) + 6 \cdot \Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}, \text{g})) - (\Delta H_f^0(\text{C}_5\text{H}_{12}, \text{g}) + 8 \cdot \Delta H_f^0(\text{O}_2, \text{g}))$$

$$\Delta H_R^0 = (5 \cdot -393 + 6 \cdot -242) - (-147 + 8 \cdot 0) = -3270 \text{ kJ/mol}$$

wirkliche freigesetzte Energie:

$$\text{Dichte}(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 0.626 \text{ g/ml}$$

Somit 1/4 ml: 0.15 Gramm (=0.0021 mol)

$$E = -6.81 \text{ kJ}$$

b) Berechnung maximale Menge Pentan

Volumen Posterrolle:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3.141 \cdot 0.03^2 \cdot 0.72 = 0.00204 \text{ m}^3$$

V ca. 2 Liter

ideales Gas 1 mol bei ...

0°C (273 K) 22.4 l

25°C (298 K): 24 Liter

2 Liter (Vol. Posterrolle) also: 1/12 mol

Luft besteht zu 20% O<sub>2</sub>, 80% N<sub>2</sub>

somit 1/60 mol O<sub>2</sub> in der Posterrolle

Aufgrund Reaktionsgleichung 8· weniger C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> als O<sub>2</sub>, d.h. also 1/480 mol C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>

Mit M(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) = 72 g/mol folget 0.15 Gramm C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>

Mit Dichte(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) = 0.63 g/ml folget also ca. 1/4 ml C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>

Es werden also 6.81 kJ freigesetzt. Die maximale Menge an Pentan beträgt ca. 1/4 ml

### Aufgabe: thermo-30

Bei der Knallgas-Reaktion  $2\text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  wird die Reaktionsenergie von 571.6 kJ/mol frei. Um wieviel reduziert sich die Masse eines (!) Wassermoleküls gemäss Einstein?

Hinweis: [J] = [kg m<sup>2</sup> s<sup>-2</sup>]

**Lösung:**

- ▷ Gemäss Einstein gilt  $E = m \cdot c^2$  resp.  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$
- ▷ c ist die Lichtgeschwindigkeit, 300'000 km/s
- ▷ Umformen der Einstein'schen Gleichung nach m resp.  $\Delta m$
- ▷  $\Delta m = \Delta E / c^2$
- ▷  $\Delta m = 571.6 \cdot 1000 [\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2] / (300'000'000 \text{ m/s})^2 = 6.35 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$

Die berechneten  $6.35 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$  beziehen sich auf ein Mol. Soll nun auf ein einziges Wassermolekül rückgeschlossen werden, so muss noch durch die Avogadrozahl ( $6.022 \cdot 10^{23}$ ) dividiert werden, und man erhält die theoretische Massenabnahme pro Molekül:

$$6.35 \cdot 10^{-12} \text{ kg} / 6.022 \cdot 10^{23} = 1.05 \cdot 10^{-35} \text{ kg}$$

**ABER:** Gemäss 'gutefrage.net', diesmal aber eine brauchbare Antwort:

Die Zunhme an Masse durch wird nicht durch einfache Zuführung von Energie, sondern durch die DIREKTE Umwandlung von Energie zu Materie (die Energie KONDENSIERT QUASI ZU MATERIE) dies geschieht allerdings bei so hohen Kelvinzahlen, dass die klassische Physik nicht mehr gilt. Mit einer reinen Zuführung von Energie gibt es nur eine Erhöhung der Temperatur.

### Aufgabe: thermo-31

Auf Wikipedia ([https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%84quivalenz\\_von\\_Masse\\_und\\_Energie&oldid=245822194](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%84quivalenz_von_Masse_und_Energie&oldid=245822194)) steht unter Anwendungen für die Massenumwandlung gemäss Einstein, dass beim Erwärmen um 50 Grad Celsius eines Kubikmeters Wasser (Annahme: Masse 1 Tonne) sich eine Massenzunahme um 2.3 Mikrogramm ergeben. Bestätige mit einer Rechnung diesen Wert.

**Lösung:**

Um die Massenzunahme zu berechnen, müssen wir folgende Schritte durchlaufen:

→ Berechnen der zugeführten Wärmeenergie

→ Berechnen der Massenzunahme gemäss Einstein

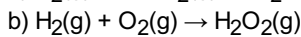
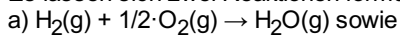
- ▷  $Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T$
- ▷  $Q = 1000 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot 50 \text{ }^\circ\text{C}$
- ▷  $Q = 2.09 \cdot 10^8 \text{ J}$
- ▷  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$  resp.  $\Delta m = \Delta E / c^2$
- ▷  $\Delta m = 2.09 \cdot 10^8 [\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2] / (300'000'000 \text{ m/s})^2 = 2.32 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$

### Aufgabe: thermo-40

Es reagiere  $\text{H}_2(\text{g})$  mit  $\text{O}_2(\text{g})$ . Beurteile mit Hilfe der freien Reaktionsenthalpie ob nun  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  oder  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$  gebildet wird. Die Reaktionstemperatur betrage 800 Kelvin.

### Lösung:

Es lassen sich zwei Reaktionen formulieren:



Achtung: Damit die Resultate miteinander verglichen werden können muss man sich auf die gleiche Anzahl gebildeter  $\text{H}_2\text{O}$  resp.  $\text{H}_2\text{O}_2$  beziehen!

Wertetabelle, alle beteiligten Teilchen seien im gasförmigen Zustand:

	$\Delta H_f^\circ (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$S^\circ (\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1})$
$\text{H}_2 (\text{g})$	0	131
$\text{O}_2 (\text{g})$	0	205
$\text{H}_2\text{O} (\text{g})$	-242	189
$\text{H}_2\text{O}_2 (\text{g})$	-136	233

- Reaktion a), es entstehe  $\text{H}_2\text{O}$

$$\text{Definition: } \Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{Edukte})$$

$$\Delta H_R^\circ(\text{H}_2\text{O}) = (-242) - (0 + 1/2 \cdot 0) = -242 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_R^\circ(\text{H}_2\text{O}) = (189) - (131 + 1/2 \cdot 205) = -44.5 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

$$\text{Definition: } \Delta G_R^\circ = \Delta H_R^\circ - T \cdot \Delta S_R^\circ$$

$$\Delta G_R^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -242 - 800 \cdot -0.0445 = -206.4 \text{ kJ/mol}$$

- Reaktion b), es entstehe  $\text{H}_2\text{O}_2$

$$\text{Definition: } \Delta H_R^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{Edukte})$$

$$\Delta H_R^\circ(\text{H}_2\text{O}_2) = (-136) - (0 + 1/2 \cdot 0) = -136 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_R^\circ(\text{H}_2\text{O}_2) = (233) - (131 + 205) = -103 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

$$\text{Definition: } \Delta G_R^\circ = \Delta H_R^\circ - T \cdot \Delta S_R^\circ$$

$$\Delta G_R^\circ(\text{H}_2\text{O}_2) = -136 - 800 \cdot -0.103 = -53.6 \text{ kJ/mol}$$

Die Berechnung zeigt, dass zwar beider Reaktionen exergonisch ( $\Delta G_R^\circ < 0$ ) und somit freiwillig ablaufen müssten. Reaktion a) ist aber fast um einen Faktor 4 stärker exergonischer und wird somit bevorzugt ablaufen.

### Aufgabe: thermo-41

Berechne den Siedepunkt des Wassers !

### Lösung:

Es gilt:  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ .

Für dieses chemisches Gleichgewicht gilt:  $K = c(\text{H}_2\text{O}(\text{g}))/c(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = 1$

Mit  $dG = -RT \ln K$  folgt mit  $K = 1$ :  $dG = 0$

Des Weiteren gilt:  $dG = dH - T \cdot dS (=0)$

Somit  $T = dH/dS$

- $T = dH/dS$

$$dHR0 = dHf0(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) - dHf0(\text{H}_2\text{O}, \text{l})$$

$$dHR0 = -241.82 - (-285.83) = 44.01 \text{ kJ/mol}$$

$$dS0 = dS((\text{H}_2\text{O}, \text{g})) - dS(\text{H}_2\text{O}, \text{l})$$

$$dS0 = 188.85 - 69.91 = 118.92 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} = 0.11892 \text{ kJ/(mol} \cdot \text{K)}$$

- $T = dH/dS = 44.01 / 0.11892 = 370 \text{ K resp. ca. } 97^\circ\text{C}$

Die berechnete (!) Siedetemperatur des Wassers beträgt also ca.  $97^\circ\text{C}$ . Die Abweichung zum üblichen Wert von  $100^\circ\text{C}$  kommt daher, weil  $dH$  resp.  $dS$  eigentlich auch (wenig) von der Temperatur abhängen.

### Aufgabe: thermo-42

Berechne  $\Delta G_R^0$  für die Temperaturen 298K, 900K sowie 2300K der Verbrennungsreaktion von  $N_2$  zu NO. Die gegebenen Temperaturen von 900 K entsprechen der Temperatur in einem Auspuff resp. im Verbrennungsraum (2300K),  
**Hinweis:** Berechne die Reaktion für 1 Teilchen (resp. 1 mol) NO.

### Lösung:

Es wird folgende Reaktionsgleichung betrachtet:  $\frac{1}{2} \cdot O_2(g) + \frac{1}{2} \cdot N_2(g) \rightleftharpoons NO(g)$   
 Wertetabelle:

	$\Delta H_f^0(kJ \cdot mol^{-1})$	$S^0(J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1})$
$O_2(g)$	0	205.03
$N_2(g)$	0	191.61
$NO(g)$	90.37	210.62

- Reaktionsgleichung:  
 $\frac{1}{2} \cdot O_2(g) + \frac{1}{2} \cdot N_2(g) \rightleftharpoons 1 \cdot NO(g)$
- $\Delta H_R^0 = \sum \Delta H_f^0(\text{Produkte}) - \sum \Delta H_f^0(\text{Edukte})$   
 $\Delta H_R^0 = (1 \cdot \Delta H_f^0(NO, g)) - (\frac{1}{2} \cdot \Delta H_f^0(O_2, g) + \frac{1}{2} \cdot \Delta H_f^0(N_2, g))$   
 $\Delta H_R^0 = (90.37) - (\frac{1}{2} \cdot 0 + \frac{1}{2} \cdot 0) = +90.37 \text{ kJ/mol}$
- $\Delta S_R^0 = S^0(\text{Produkte}) - S^0(\text{Edukte})$   
 $\Delta S_R^0 = (1 \cdot \Delta H_f^0(NO, g)) - (\frac{1}{2} \cdot \Delta H_f^0(O_2, g) + \frac{1}{2} \cdot \Delta H_f^0(N_2, g))$   
 $\Delta S_R^0 = (210.62) - (\frac{1}{2} \cdot 205.03 + \frac{1}{2} \cdot 191.61) = +12.3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- $\Delta G_R^0 = \Delta H_R^0 - T \cdot \Delta S_R^0$   
 $\Delta G_R^0(T=298K) = 90.37 - (298) \cdot 0.0123 = 86.7 \text{ kJ/mol}$   
 $\Delta G_R^0(T=900K) = 90.37 - (900) \cdot 0.0123 = 79.3 \text{ kJ/mol}$   
 $\Delta G_R^0(T=2300K) = 90.37 - (2300) \cdot 0.0123 = 62.08 \text{ kJ/mol}$
- mit  $dG = -RT \ln K$  folgt:  $K = e^{(-dG/R \cdot T)}$ ,  $R=0.008314 \text{ kJ/mol} \cdot \text{K}$   
 $\Delta G_R^0(T=298K) = 86.7 \text{ kJ/mol} \rightarrow K = 6.34 \cdot 10^{-16}$   
 $\Delta G_R^0(T=900K) = 79.3 \text{ kJ/mol} \rightarrow K = 2.5 \cdot 10^{-5}$   
 $\Delta G_R^0(T=2300K) = 62.08 \text{ kJ/mol} \rightarrow K = 0.03$

**Diskussion:** Es handelt sich um eine endotherme Reaktion ( $\Delta H_R^0 > 0$ ). Um die Reaktion zu fördern wäre also eine Temperaturerhöhung notwendig. Dies wird durch die Berechnung der Gleichgewichtskonstante K bestätigt: je höher die Temperatur ist, desto grösser wird der K-Wert selbst. Es zeigt sich aber, dass das Gleichgewicht aber auch bei hohen Temperaturen immer noch relativ stark auf der Seite der Edukte liegt, ein Einsatz eines Katalysators bietet sich also an.

 **Thema: ZMK** , Aufgaben und Antworten

Lernziele resp. Fragengebiete:

- Ab [ZMK-01](#) : Teilchenebene
- Ab [ZMK-11](#) : Van-der-Waals Kräfte
- Ab [ZMK-20](#) : Dipol-Dipol-Ww
- Ab [ZMK-30](#) : Wasserstoffbrückenbindungen
- Ab [ZMK-40](#) : Ion-Dipol-Ww
- Ab [ZMK-51](#) : Prognose aufgrund ZMK-Kräfte

**Aufgabe: ZMK-01**

Begriff ZMK

Wofür steht das Wort ZMK

**Lösung:**

Das Wort ZMK ist eine Abkürzung für den Begriff **Zwischenmolekulare Kräfte**. Beachte, dass es wie im Wort gesagt um die Kräfte zwischen den Molekülen geht und nicht um die Kräfte innerhalb eines Moleküls. Je stärker diese Kräfte zwischen zwei Molekülen ist, desto schwerer kann ein einzelnes Molekül die Gemeinschaft verlassen (z.B. also verdampfen). Und umgekehrt kann gesagt werden, je schwächer die ZMKs sind, umso kleiner wäre z.B. der Schmelzpunkt oder Siedepunkt. Die ZMK's sind praktisch, um qualitativ eine grobe Abschätzung der Mischbarkeiten, Siedepunkte, Fliesseigenschaften etc. von Molekülen machen zu können.

**Aufgabe: ZMK-02**

Wie kann von zwei (oder auch mehreren) unterschiedlichen Molekülen beurteilt werden, welche den höheren Schmelzpunkt hat?

**Lösung:**

Im Prinzip geht es darum, dass geguckt wird, ob und welche der ZMK's der betreffende Stoff machen kann. Je mehr (verschiedene) ZMK's gebildet werden können, desto höher liegt auch sein Schmelz- resp. Siedepunkt. Es kann aber nicht auf den absoluten ('konkrete Zahl') Schmelz- resp. Siedepunkt geschlossen werden. Es können nur Vergleiche zwischen den verschiedenen Stoffe gemacht werden

**Aufgabe: ZMK-03**

Definiere Aggregatzustände

Was sind Aggregatzustände?

**Lösung:**

Aggregatzustände sind nichts anderes als die 'Beschaffenheit' eines Stoffes bei einer bestimmten Temperatur sowie eines bestimmten Druckes. Dieser Beschaffenheit sagen wir im Alltag und auch in Labor fest, flüssig und gasförmig. Wieso etwas im jeweiligen Aggregatzustand vorliegt kann mit den zwischenmolekularen Kräften (ZMK) geklärt werden.

**Aufgabe: ZMK-04**

Wie nennt man folgende Übergänge (Wechsel des Aggregatzustandes):

- a) fest → flüssig
- b) flüssig → fest
- c) flüssig → gasförmig
- d) gasförmig → flüssig
- e) fest → gasförmig
- f) gasförmig → fest

**Lösung:**

- a) fest → flüssig: schmelzen
- b) flüssig → fest: erstarren
- c) flüssig → gasförmig: verdampfen
- d) gasförmig → flüssig: kondensieren
- e) fest → gasförmig: sublimieren
- f) gasförmig → fest: resublimieren

**Aufgabe: ZMK-05**

Wenn eine Substanz siedet, verdampft ... was heisst dies eigentlich auf Teilchenebene?

**Lösung:**

Beim Verdampfen verliert ein Molekül (oder auch Atom) den Kontakt zu den anderen Teilchen. Die Kräfte zwischen den Molekülen sind zu klein, um die Bewegungsenergie (aufgrund der Temperatur) zu kompensieren. Somit verlässt das Teilchen den restlichen Verband. Achtung ... gefährlicher Mix zweier Ausdrücke: ZMK (Kraft) und Energie.

Zudem: Ein einzelnes Teilchen kann also nicht 'sieden'

### Aufgabe: ZMK-06

Gefrorenes Wasser (-10°C) wird kontinuierlich erhitzt. Nachdem das Wasser den Siedepunkt erreicht hat, wird Kochsalz hinzugegeben, der Siedepunkt steigt noch ein wenig. Skizziere den Temperatur-Zeit-Verlauf und beschrifte die verschiedenen Bereiche.

#### Lösung:

Die ganze Situation beginnt z.B. bei -10°C. Die zugeführte Wärme wird zuerst benötigt, um den Eiswürfel auf 0°C zu erwärmen. Bei 0°C wird nun die zugeführte Wärme benötigt, um den Eiswürfel zu schmelzen. Zwischen 0°C und 100°C wird nun die zugeführte Wärme benötigt, um das flüssige Wasser zu erwärmen. Ab 100°C wird die zugeführte Wärme für das Überführen des Wasser vom flüssigen in den gasförmigen Zustand benötigt. Wird nun jedoch noch Kochsalz hinzugefügt, so siedet die Salzwassermischung nun bei mehr als 100°C dies aufgrund der zusätzlichen Bindungen/Anziehungen zwischen den Kochsalzteilchen (Ionen) und dem polaren Wasser (Ion-Dipol-Wechselwirkungen).

Skizze [hier](#) als pdf

### Aufgabe: ZMK-11

Wie entsteht die Van-der-Waals-Kraft? Im folgenden auch nur kurz VdW-Kraft genannt.

#### Lösung:

Alle (neutrale) Atome sowie Moleküle sind von Elektronen umgeben. Diese negativ geladenen Elektronen umkreisen (im klassischen Sinne) den positiv geladenen Kern. Da die Elektronen asymmetrisch verteilt sind, ergeben sich kurzfristige Dipole, da die negative und positive Ladung sich geometrisch gesehen nicht komplett aufheben. Diese kurzfristigen Dipole beeinflussen (induzieren) weitere Atome resp. Moleküle.

Grob kann folgendes gesagt werden: je mehr Elektronen vorhanden sind, umso grösser ist auch die VdW-Kraft.

### Aufgabe: ZMK-12

Welche Moleküle oder Atome machen keine VdW-Kräfte?

#### Lösung:

VdW-Kräfte beruhen auf Elektronen. Atome ohne Elektronen wären positiv geladen (z.B.  $H^+$ ,  $He^{2+}$ ,  $Li^{3+}$  etc.), im Grunde genommen also wären nur die nackten Kerne vorhanden. Moleküle ohne Elektronen können nicht gemacht werden, da für Bindungen ja explizit Elektronen gebraucht werden.

### Aufgabe: ZMK-13

Welchen Siedepunktrend kann man für zweifach ionisierte Heliumatome gemäss der ZMK erwarten? Grösser als 0 K? Weshalb?

#### Lösung:

Bei zweifach ionisierten Heliumatomen handelt es sich um  $He^{2+}$

- $He^{2+}$  machen keine VdW-Kräfte, da ja keine Elektronen vorhanden sind.
- Dipol-Dipol-Wechselwirkungen sind ebenfalls nicht vorhanden, da die Atome keinen permanenten Dipol aufweisen. Im Gegenteil, es sind Monopole vorhanden ( $He^{2+}$ ), welche sich gegenseitig abstossen.
- Wasserstoffbrückenbindungen sind nicht möglich, da keine Wasserstoffatome vorhanden sind.

Quintessenz: Die Teilchen stossen sich voneinander ab. Somit gäbe es keinerlei Gründe für  $He^{2+}$  als Feststoff auch bei 0 Kelvin vorzuliegen.

### Aufgabe: ZMK-14

Bestimme die Anzahl der Elektronen folgender Moleküle resp. Atome.

- $C_6H_{12}O_6$
- $C_3H_6O$
- $H_2O$
- $NaBr$
- $Na$
- $Na^+$
- $H_3O^+$
- $CO_3^{2-}$

#### Lösung:

Mittels der Ordnungszahl (=Anzahl Protonen) eines Elementes kann auf die Anzahl der Elektronen geschlossen werden: nämlich

identisch bei neutralen Elementen, entsprechend angepasst bei negativer oder positiver Ladung.

- a)  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 6 \cdot 6 + 12 \cdot 1 + 6 \cdot 8 = 96$  Elektronen
- b)  $C_3H_6O \rightarrow 3 \cdot 6 + 6 \cdot 1 + 8 = 32$  Elektronen
- c)  $H_2O \rightarrow 2 \cdot 1 + 8 = 10 e^-$
- d)  $NaBr \rightarrow 11 + 35 = 46 e^-$
- e)  $Na \rightarrow 11 e^-$
- f)  $Na^+ \rightarrow 11 - 1 = 10 e^-$
- g)  $H_3O^+ \rightarrow 3 \cdot 1 + 8 - 1 = 10 e^-$
- h)  $CO_3^{2-} \rightarrow 6 + 3 \cdot 8 + 2 = 32 e^-$

### Aufgabe: ZMK-15

Gegeben seien  $H_2$  sowie He. Welche dieser beiden Substanzen hat den höheren Siedepunkt?

#### Lösung:

Es kommen nur VdW-Kräfte vor, die Anzahl der Elektronen beträgt jeweils 2 Elektronen. Da die Anzahl der Elektronen gleich ist (oder für andere Beispiele sehr ähnlich wäre) muss in diesem Fall über die Oberfläche des  $H_2$  resp. He eine Prognose gemacht.

Prinzipiell gilt ja, dass der Durchmesser (resp. Radius) eines Atoms im PSE von links nach rechts abnimmt, d.h.  $r(H) > r(He)$ . Somit gilt natürlich auch folgendes:  $Oberfläche(H_2) > Oberfläche(He)$ .

Da sich die Elektronen nun auf der grösseren Oberfläche besser verteilen können und somit die VdW-Kraft schwächer wird, gilt:  $Sdp(H_2) > Sdp(He)$ . Das Experiment bestätigt auch diese Vermutung ( $Sdp(H_2) = -253^\circ C$   $Sdp(He) = -269^\circ C$ )

### Aufgabe: ZMK-16

Ordne die folgenden Stoffe nach steigenden Siedepunkten:  $Br_2$ ,  $Cl_2$ ,  $H_2$ ,  $I_2$ ,  $N_2$ , Ne.

#### Lösung:

Alle Moleküle sind nicht polar und können daher nur Van-der-Waals-Kräfte ausbilden. Somit gilt es die totale Anzahl der Elektronen pro Molekül zu bestimmen:

	Anzahl $e^-$	Experiment Sdp.
$H_2$	2	$-253^\circ C$
Ne	10	$-246^\circ C$
$N_2$	14	$-196^\circ C$
$Cl_2$	34	$-34^\circ C$
$Br_2$	70	$59^\circ C$
$I_2$	106	$186^\circ C$

Werden die Stoffe aufgrund der Anzahl der gesamte Elektronenanzahl sortiert, so ergibt sich die (nur experimentell zugängliche) Abfolge der Siedepunkte.

### Aufgabe: ZMK-20

Wie erkennt man, ob ein Molekül polar ist oder nicht? Oder: Wann ist ein Molekül polar/ein Dipol? Oder: Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ein Dipol entsteht? Oder: Was bedeutet Dipol?

#### Lösung:

Im ersten Schritt geht es darum, das Molekül korrekt zu zeichnen, inklusive Bindungswinkel. Danach wird jede Bindung einzeln betrachtet und aufgrund der EN-Werte der beteiligten Atom die Polaritätsrichtung entschieden. Dies indem vom elektropositiveren Atom zum elektronegativeren Atom die Polaritätsrichtung definiert sei. Im dritten Schritt werden die gezeichneten Pfeile ('Vektoren') addiert. Ergibt eine resultierende Kraft, so weist das Molekül einen (permanenten) Dipol auf. Oder auch anders gesagt: es ist polar. Als Vereinfachung gelte, dass C-H Bindungen üblicherweise für die Entscheidung nicht beigezogen werden müssen, da die EN-Werte der C resp. H-Atome praktisch identisch sind.

### Aufgabe: ZMK-21

Was genau ist eine Dipol-Dipol Wechselwirkung?

#### Lösung:

Die Dipol-Dipol-Wechselwirkungen gehören zu den ZMK's. Weisen die Moleküle jeweils einen permanenten Dipol ('zwei Pole', bisschen

negativ wie auch bisschen positiv geladen) auf, so können sie sich aufgrund ihres Dipolcharakters gegenseitig anziehen.

### Aufgabe: ZMK-22

Zeichne folgende Moleküle unter Berücksichtigung des Bindungswinkels. Zeichne die relevanten Dipolmomente und entscheide, ob sich diese aufheben und das Molekül somit nicht polar ist oder ob die Dipolmomente sich nicht aufheben und das Molekül somit polar wäre.

Hinweis: die nicht bindenden Elektronenpaare sind als Punkte dargestellt

Hinweis: beachte, dass die C-H Dipolmomente nicht beachtet werden, da die EN-Werte von C und H sehr ähnlich sind

- Wasser
- Kohlendioxid
- CH<sub>2</sub>O
- CH<sub>3</sub>OH
- C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>
- C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>
- CH<sub>3</sub>NO
- CH<sub>3</sub>F
- CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>

### Lösung:

Musterlösung [\[hier\]](#) als pdf

{a} } H-\$\dots\$(TR)O H	H <sub>(x+1.5,y+0,&gt;)</sub> O <sub>(x,y+1.5,&lt;)</sub> H	{Dipolmomenten heben sich nicht auf}	{polar}
{b} } \$\dots\$(LbBlLlTl)O=C=\$\dots\$(TrRtRbBr)O	O <sub>(x+1.4,y+0,&lt;)</sub> C <sub>(x+1.4,y+0,&gt;)</sub> O	{Dipolmomenten heben sich auf}	{nicht polar}
{c} } H/C` \$dots\$(LtTlTrRt)O \\H	C <sub>(x,y-1.5,&gt;)</sub> O	{Dipolmoment hebt sich nicht auf}	{polar}
{d} } H-C< H>< H>-\$\dots\$(TR)O H	C <sub>(x+1.1,y,&gt;)</sub> O <sub>(x+0,y+1.5,&lt;)</sub> H	{Dipolmomenten heben sich nicht auf}	{polar}
{e} } H-C% C-H		{nur apolare C-H-Bindungen}	{nicht polar}
{f} } \$\slope(55)H\\C</H>_{(x1,N2)}C<\\H>/H		{nur apolare C-H-Bindungen}	{nicht polar}
{g} } H-C< H>< H>-\$\dots\$(RbBr)N/\$\dots\$(TR)O`/	C <sub>(x+1.2,y+0,&gt;)</sub> N <sub>(x+1.1,y-1.3,&gt;)</sub> O	{Dipolmomenten heben sich nicht auf}	{polar}
{h} } H-C< H>< H>-\$\dots\$(TRB)F	C <sub>(x+1.4,y+0,&gt;)</sub> F	{Dipolmoment heben sich nicht auf}	{nicht polar}
{i} } H-C< H>< H>-\$\dots\$(B)N< H>-H	C <sub>(x+1.2,y+0,&gt;)</sub> N <sub>(x,y-1.5,&lt;)</sub> H <sub>(x+1.5,y,&lt;)</sub> H	{Dipolmoment heben sich nicht auf}	{nicht polar}

### Aufgabe: ZMK-23

Gegeben seien folgende Moleküle. Markiere die nicht polaren Teile gelb und die polaren Teil grün. Beurteile, welcher Teil überwiegt und gib somit an, ob die Substanz insgesamt polar oder nicht polar wäre.

Hinweis: es gilt die Regel, dass 5 nicht polare Teile (z.B. CH<sub>2</sub>) ungefähr einem polaren Teil (z.B. COOH) entspricht

{a} } H-C< H>< H>-C< H>< H>-\$\dots\$(TR)O H
{b} } \$\slope(55)H\\C</H>_{(x1,N2)}C<\\H>/OH
{c} } H-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-C< H>< H>-\$\dots\$(TR)O H
{}

### Lösung:

{gelb: nicht polarer Teil}	
{grün: polarer Teil}	
{a} } H-C< H>< H>-C< H>< H><\$bg(yellow,to:1;6)H>-\$\dots\$(TR)O \$bg(lime,to:8;8)H	{Substanz polar}



{g} } CH3F

**Lösung:**

{a} } H2O + H2O{:}	H-\$\dots\$(RB)O<` H> _(x2,y,H)H-\$\dots\$(RB)O<` H>
{b} } H2O + NH3{:}	H-\$\dots\$(BR)O<` H> _(x2,y,H)H-\$\dots\$(R)N<` H>< H>
{b} ... oder }	H-\$\dots\$(B)N<` H>-H_(x2,y,H) \$\dots\$(LR)O<` H> H
{b} ... oder }	H \$\$\dots\$(LB)O-H_(x2,y,H) \$\dots\$(L)N<` H>< H>-H
{c} } NH3+ NH3{:}	H-\$\dots\$(R)N<` H>< H> _(x2,y,H)H-\$\dots\$(R)N<` H>< H>
{d} } HF + HF{:}	H-\$\dots\$(TRB)F _(x2,y,H)H-\$\dots\$(TRB)F
{e} } CH3OH + CH3OH	H-C<` H>< H>-\$\dots\$(TB)O-H_(x2,y,H) \$\dots\$(LB)O<` H>-C<` H>< H>-H
{f} } H-C<` H>< H>-\$\dots\$(TB)O-C<` H><` H>-H	{keine H-Brücken möglich, H nicht an O gebunden}
{g} } H-C<` H>< H>-\$\dots\$(TBR)F	{keine H-Brücken möglich, H nicht an F gebunden}

**Aufgabe: ZMK-40**

Gegeben sei ein Kilogramm Kochsalz. Wieviel kg Wasser braucht es mindestens, um ...

- a) jedes Natriumion sowie b) jedes Ion mit 6 Wasser-Molekülen zu umhüllen.

**Lösung:**

Stoff	M(g/mol)	m(g)	n(mol)
NaCl	58.5	1000	1000/58.5 = 17.09
H <sub>2</sub> O	18	1846	6 · 17.09 = 102.56

a) Es braucht also 1846 Gramm Wasser um jede Natriumion mit jeweils 6 Wassermolekülen zu umhüllen. b) Da pro NaCl je ein Na<sup>+</sup> sowie ein Cl<sup>-</sup> vorhanden sind, braucht es also doppelt soviel Wasser also total 3692 Gramm Wasser.

**Aufgabe: ZMK-41**

Man mischt 1 kg schmelzendes Eis und 1 kg siedendes Eis. Welche Temperatur hat die Mischung, wenn alles Eis geschmolzen ist?

Wichtige Gleichungen:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \text{ [kJ]; } c_w = 4.185 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$$

$$L_f = 338.8 \text{ kJ/kg; Wärmemenge Eis schmelzen [kJ/kg]}$$

**Lösung:**

- Grundgedanke: Das heisse Wasser kühlt sich ab, das kalte Wasser erwärmt sich
- Es gelten folgende Abkürzungen: H für Heiss, K für Kalt, M für Mischung
- Das Eis muss zuerst geschmolzen werden ( $L_f$  ist die benötigte Energie) und kann dann erst auf die Mischtemperatur erwärmt werden
- $Q(100^\circ\text{C} \rightarrow T_M) = Q(\text{Eis schmelzen, } 0^\circ\text{C} \rightarrow T_M)$
- $m_H \cdot c_w \cdot (100^\circ\text{C} - T_M) = m_K \cdot L_f + m_K \cdot c_w \cdot (T_M - 0^\circ\text{C})$
- Celsius in Kelvin umrechnen,  $m_H = m_K = m$  (!)
- $m \cdot c_w \cdot (373\text{K} - T_M) = m \cdot L_f + m \cdot c_w \cdot (T_M - 273\text{K})$
- $T_M = [c_w \cdot (373\text{K} + 273\text{K}) - L_f] / (2 \cdot c_w)$
- $T_M = [4.185 \text{ kJ/kgK} \cdot (373\text{K} + 273\text{K}) - 335.5 \text{ kJ}] / (2 \cdot 4.185 \text{ kJ/kgK}) = 283.2 \text{ K} = 10.2^\circ\text{C}$

Die Mischung hätte also eine Temperatur von ca. 10 Grad Celsius.

**Aufgabe: ZMK-51**

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

{A:}	CH3CH2CH2CH3
{B:}	CH3CH2OCH3

{C:}	CH <sub>3</sub> CHOHCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
{D:}	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C-ONa {resp.} (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C-O <sup>-</sup> Na <sup>+</sup>

**Lösung:**

- Die Verbindung D ist ionisch und hat somit den höchsten Siedepunkt
- C enthält eine -OH-Verbindung, kann also Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden
- B ist im Gegensatz zu A polar
- Aufgrund dieser Fakten gilt: Sdp(D) > Sdp(C) > Sdp(B) > Sdp(A)

**Aufgabe: ZMK-52**

Gegeben seien folgende Moleküle. Argumentiere eindeutig, bei welchem Molekül der höchste Siedepunkt zu erwarten wäre.

{A:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
{B:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
{C:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> Cl
{D:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

**Lösung:**

- Die Moleküle A und D bilden nur Van-der-Waals-Kräfte aus
- B und C sind zusätzlich polar
- nur B kann Wasserstoffbrückenbindungen machen.
- Aufgrund dieser Fakten gilt: Substanz B hat den höchsten Siedepunkt

**Aufgabe: ZMK-53**

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

{A:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH
{B:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ONa {resp.} CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O <sup>-</sup> Na <sup>+</sup>
{C:}	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O
{D:}	HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH

**Lösung:**

- nur B kann ionische Bindungen machen: höchster Sdp
- A und D können Wasserstoffbrückenbindungen machen, wobei D mehr Möglichkeiten hat wie A
- C ist polar, sonst keine ionische resp. Wasserstoffbrückenbindungsmöglichkeiten, daher tiefster Sdp
- Quintessenz: Sdp(B) > Sdp(D) > Sdp(A) > Sdp(C)

**Aufgabe: ZMK-54**

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>
B:	CH <sub>3</sub> NHCH <sub>3</sub>
C:	CH <sub>3</sub> N

**Lösung:**

- A und B können Wasserstoffbrückenbindungen machen, C nicht: C hat daher den tiefsten Sdp
- A kann mehr Wasserstoffbrückenbindungen machen als B
- Quintessenz: Sdp(A) > Sdp(B) > Sdp(C)

**Aufgabe: ZMK-55**

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\OH</chem>
B:	<chem>\\\OH</chem>
C:	<chem>\\\OH</chem>
D:	<chem>\\\\OH</chem>

**Lösung:**

- Alle sind polar, alle machen Wasserstoffbrückenbindungen. Einziger Unterschied: die Van-der-Waals-Kräfte als Funktion der totalen Anzahl Elektronen unterscheidet sich von Molekül zu Molekül
- Quintessenz:  $Sdp(D) > Sdp(B) > Sdp(C) > Sdp(A)$
- Experiment:  $Sdp(A)=351\text{ K}$  ;  $Sdp(B)=411\text{ K}$  ;  $Sdp(C)=391\text{ K}$  ;  $Sdp(D)=430\text{ K}$

#### Aufgabe: ZMK-56

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\\\V</chem>
B:	<chem>\V</chem>
C:	<chem>\\\</chem>
D:	<chem>\\\\</chem>

**Lösung:**

- Alle Verbindungen sind reine Kohlenwasserstoff-Verbindungen, also gibt es nur Van-der-Waals-Wechselwirkungen.
- Van-der-Waals-Kräfte sind eine Funktion der totalen Anzahl Elektronen
- Quintessenz:  $Sdp(D) > Sdp(A) > Sdp(C) > Sdp(B)$
- Experiment:  $Sdp(A)=341\text{ K}$  ;  $Sdp(B)=272\text{ K}$  ;  $Sdp(C)=309\text{ K}$  ;  $Sdp(D)=372\text{ K}$

#### Aufgabe: ZMK-57

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\V&lt; O &gt;\OH</chem>
B:	<chem>\\\V&lt; O &gt;\OH</chem>
C:	<chem>/&lt;&lt; O &gt;\OH</chem>
D:	<chem>\V&lt; O &gt;\OH</chem>

**Lösung:**

- Alle Verbindungen sind Carbonsäuren und somit in der Lage, Wasserstoffbrückenbindungen auszubilden, polar.
- Sie sind aber unterschiedlich 'gross', sprich haben jeweils eine unterschiedliche totale Anzahl Elektronen, was hier wiederum entscheidend ist.
- Quintessenz:  $Sdp(B) > Sdp(A) > Sdp(D) > Sdp(C)$

#### Aufgabe: ZMK-58

Gegeben seien folgende Moleküle. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\\\OH</chem>
B:	<chem>/&lt;&lt; O &gt;\\\</chem>
C:	<chem>HO\\OH</chem>
D:	<chem>/&lt;&lt; O &gt;\</chem>

**Lösung:**

- A und C können Wasserstoffbrückenbindungen machen, B und D nicht
- C kann doppelt so viele Wasserstoffbrückenbindungen machen wie A
- B macht mehr VdW-Wechselwirkungen als D
- Quintessenz:  $Sdp(C) > Sdp(A) > Sdp(B) > Sdp(D)$

### Aufgabe: ZMK-59

Gegeben seien folgende Substanzen. Ordne die folgenden Moleküle in der Reihenfolge ihres Siedepunkts, startend vom höchsten zum tiefsten Siedepunkt (Sdp.).

A:	<chem>\V&lt; O &gt;\H</chem>
B:	<chem>\V\OH</chem>
C:	<chem>CO2</chem>
D:	<chem>NaCl</chem>

### Lösung:

- Bei D handelt es sich um ein Salz, es sind also Ionen vorhanden
- Kohlendioxid, C, ist nicht polar und macht nur Van-der-Waals-Wechselwirkungen
- A und B sind beide polar, jedoch macht nur B Wasserstoffbrückenbindungen
- Quintessenz:  $Sdp(D) > Sdp(B) > Sdp(A) > Sdp(C)$

### Aufgabe: ZMK-60

Gegeben sei die Summenformel  $C_2H_6O$ . Zeichne zwei verschiedene Moleküle und bestimme, welche der beiden Moleküle einen höheren Siedepunkt haben sollte.

### Lösung:

Die beiden gezeichneten Moleküle:

{A:} <chem>\OH</chem> { resp. : } <chem>H-C&lt; H&gt;&lt; H&gt;-C&lt; H&gt;&lt; H&gt;-\$dots(TR)O H</chem>
{B:} <chem>/O\</chem> { resp. : } <chem>H-C&lt; H&gt;&lt; H&gt;-\$dots(TB)O-C&lt; H&gt;&lt; H&gt;-H</chem>

Um eine Prognose der Siedepunkte machen zu können, gilt es, alle möglichen ZMKs zu berücksichtigen:

- **VdW-Kräfte:** Beide Moleküle machen die gleichen Beiträge, da ja die gleiche Summenformel vorliegt und somit auch die Summe der Elektronen gleich wäre (jeweils 26 Elektronen)
- **Dipol-Dipol-Wv:** Beide Moleküle sind insgesamt gesehen polar, oder anders ausgedrückt: der polare Teil des Moleküls (Verknüpfungen mit O) überwiegt, der nicht polare Teil (Verknüpfungen C-H) ist kleiner
- **Wasserstoffbrücken:** Nur A kann Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden, B nicht (H muss an O, F oder N gebunden sein)
- Quintessenz: Prognose  $Sdp(A) > Sdp(B)$
- Das Experiment bestätigt unsere Prognose: A  $78^\circ C$ , B  $-25^\circ C$

### Aufgabe: ZMK-61

Gegeben seien die untenstehende Moleküle, wobei folgendes gelte: 1,2-Propandiol ist dickflüssiger als 1-Propanol, jedoch dünnflüssiger als 1,2,3-Propantriol.

- Erkläre auf Teilchenebene die unterschiedliche Viskosität (Zähflüssigkeit).
- Zeichne ein Netz von 5 Propanolen mit dem Aufbau R-OH (R sei ein Rest von CH\_2CH\_3)

1-Propanol	<chem>H-C-C-C-O-H; H #2 H; H #3 H; H #4 H</chem>
1,2-Propandiol	<chem>H-C-C-C-O-H; H #2 H; H #3 O H; H #4 H</chem>
1,2,3-Propantriol	<chem>H-C-C-C-O-H; H #2 O H; H #3 O H; H #4 H</chem>

### Lösung:

a)

- Beim Fließen bewegen sich Moleküle aneinander vorbei
- Je schwächer die Kräfte zwischen den Molekülen ist, umso eher einfacher ist das Fließen, resp. desto dünnflüssiger ist die Substanz
- Der Hauptunterschied der drei Substanzen liegt in der Anzahl der -OH Bindungen und somit der Möglichkeit, Wasserstoffbrückenbindungen auszubilden. Je mehr -OH-Bindungen zur Verfügung stehen, desto mehr Wasserstoffbrückenbindungen gibt es also.
- 1,2,3-Propantriol kann am meisten Wasserstoffbrückenbindungen (mit sich selbst untereinander) machen und ist daher am

1,2,3-Propantriol kann am meisten Wasserstoffbrückenbindungen (mit sich selbst untereinander) machen und ist daher am dickflüssigsten und 1-Propanol am dünnflüssigsten.

b)

### Aufgabe: ZMK-62

Gegeben seien die folgenden Stoffe. Erkläre auf Teilchenebene den unterschiedlichen Aggregatzustand bei Zimmertemperatur (20°C).

Stoff	{Formel}	Aggregatzustand
A: Propan	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	gasförmig
B: Propanol	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	flüssig
C: Dodecan	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>	flüssig
D: Dodecanol	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>2</sub> OH	fest

### Lösung:

- Propan und Dodecan (A sowie C): jeweils nur Kohlenwasserstoffgerüste vorhanden und somit nur Van-der-Waals-Kräfte. Bei C liegt eine lange Kohlenwasserstoffkette vor, viele VdW-Kräfte im Gegensatz zu A, welches nur eine kurze Kette vorliegen hat. C hat somit mehr VdW-Kräfte als A, flüssiger Aggregatzustand.
- Propanol sowie Dodecanol (B sowie D): D macht mehr VdW-Kräfte wie B, da dieses eine längere Kohlenwasserstoffkette vorliegen hat. Zusätzlich machen beide noch Wasserstoffbrückenbindungen, daher liegt D sogar im festen Zustand vor.
- Dodecan sowie Dodecanol (C und D): D macht zusätzlich zu C noch Wasserstoffbrückenbindungen, daher macht D (im Vergleich nun zu C) unter sich mehr Wechselwirkungen und liegt daher im festen Aggregatzustand vor.

### Aufgabe: ZMK-63

Erkläre, wieso sich Hexanol nicht mit Wasser mischt, Ethanol hingegen schon. Sollte sich Propan-1,2-Diol mit Hexanol oder Ethanol besser mischen?

Hexanol	H-C-C-C-C-C-O-H; H #2 H; H #3 H; H #4 H; H #5 H; H #6 H; H #7 H
Ethanol	H-C-C-OH; H #2 H; H #3 H
Propan-1,2-Diol	H-C-C-C-O-H; H #2 H; H #3 O H; H #4 H

### Lösung:

**Teilfrage 1:** Hexanol hat zwar einen polaren Teil (-OH), jedoch einen viel grösseren nicht polaren Teil und mischt sich daher nicht mit Wasser. Ethanol hingegen hat ebenfalls den polaren OH-Teil, jedoch einen viel kleineres nicht polares Kohlenwasserstoffgerüst. Daher mischt sich Ethanol gut mit dem polaren Wasser.

**Teilfrage 2:** Propan-1,2-Diol weist 2 polare OH-Teile auf und 3 nicht polare C-H Teil. Somit kann gesagt werden, dass der polare Anteil des Moleküls überwiegt und die Substanz sich in einem polaren Lösungsmittel lösen sollte. Als Wahl bietet sich z.B. Wasser als auch Ethanol an.

### Aufgabe: ZMK-70

Zeichne die Lewisformeln der folgenden Moleküle. Trage die Partialladungen (nicht C-H) ein. Gib jeweils an, welches Dipole sind und welche Moleküle untereinander Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Nenne die entscheidende zwischenmolekulare Wechselwirkung unter sich selbst. Beurteile, ob sich die Substanz mit dem gegebenen Molekül mischen würde.

Aufgabenstellung komplett [\[hier\]](#) als pdf

	Lewisformel	Dipolmoment	H-Brücke	ZMK?	Mischbar mit ..	
{a} } HCl					{Wasser}	
{b} } CH <sub>4</sub>					{Wasser}	
{c} } CH <sub>2</sub> O					{Wasser}	
{d} } H <sub>3</sub> CCl					{Wasser}	
{e} } CCl <sub>4</sub>					{Wasser}	
{f} } CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> SH					{Olivenöl}	

{g} } HCOOH				{Heptan }, C7H16	
{h} } He				{Pentanol } C5H11OH	
{i} } H2S				{Wasser}	
{j} } NH3				{Ethanol} CH3CH2OH	

**Lösung:**

	Lewisformel	Dipolmoment	H-Brücke	ZMK?	Mischbar mit ..	
{a} } HCl	H-Cl	{ja}	{nein}	{Dipol-Dipol}	{Heptan }, C7H16	{nein}
{b} } CH4	$\text{\$L(1.2)\{C\}<_(A135)H><_(A-135)H><_(A45,w+)H><_(A-45,d+)H>}$	{nein}	{nein}	{VdW}	{Wasser}	{nein}
{c} } CH2O	$\text{H}\backslash\text{\$L(1.0)C<`/H>=O \{ }$	{ja}	{nein}	{Dipol-Dipl}	{Wasser}	{ja}
{d} } H3CCl	$\text{\$L(1.2)\{C\}<_(A135)H><_(A-135)H><_(A45,w+)H><_(A-45,d+)Cl>}$	{ja}	{nein}	{Dipol-Dipol}	{Wasser}	{ja}
{e} } CCl4	$\text{\$L(1.2)\{C\}<_(A135)Cl><_(A-135)Cl><_(A45,w+)Cl><_(A-45,d+)Cl>}$	{nein}	{nein}	{VdW}	{Wasser}	{nein}
{f} } CH3CH2CH2CH2SH	$\text{H}\backslash\text{C/C}\backslash\text{C/C}\backslash\text{S/H; } \$slope(60)\text{H/\#2}\backslash\text{H; } \text{H}\backslash\text{\#3/H; } \text{H/\#4}\backslash\text{H; } \text{H}\backslash\text{\#5/H;}$	{ja, schwach}	{nein}	{VdW}	{Olivenöl}	{ja}
{g} } HCOOH	$\text{H/C O}\backslash\backslash\text{O/H}$	{ja}	{ja}	{H-Brücken}	{Heptan }, C7H16	{nein}
{h} } He	He	{nein}	{nein}	{VdW}	{Pentanol } C5H11OH	{ja, schwach}
{i} } H2S	$\text{H/S}\backslash\text{H}$	{ja}	{nein}	{Dipol-Dipol}	{Wasser}	{ja}
{j} } NH3	$\text{H}\backslash\text{\$dots(U)N<_(A100,w+)H>`/dH}$	{ja}	{ja}	{H-Brücken}	{Ethanol} CH3CH2OH	{ja}

Aufgabenstellung komplett [hier](#) als pdf