

Zu 1: Atombau und PSE

1.1 Definieren Sie den Begriff Isotop.

1.2 Geben Sie die Anzahl der Atombausteine in folgenden Atomen an.

a) ^{35}Cl -Atome

b) O^{2-}

c) Fe^{3+}

Zu 2. Bindungslehre

2.1. Stellen Sie die Summenformeln folgender Salze auf.

a) Natriumbromid

g) Kaliumoxid

b) Natriumfluorid

h) Rhenium(VII)-oxid (Elementsymbol Rhenium: Re)

c) Calciumchlorid

i) Eisen(III)-chlorid (Elementsymbol Eisen: Fe)

d) Aluminiumoxid

j) Platin(IV)-oxid (Elementsymbol Platin: Pt)

e) Blei(III)-oxid (Bleiionen mit der Ladung: Pb^{2+})

k) Mangan(IV)-oxid (Elementsymbol Mangan: Mn)

f) Blei(IV)-oxid (Bleiionen mit der Ladung: Pb^{4+})

l) Berylliumsulfid (Elementsymbol Beryllium: Be)

2.2. Stellen Sie die Verhältnisformel folgender Salze mit zusammengesetzten Ionen auf (siehe Spickzettel unten!)

a) Bariumsulfat (Elementsymbol Barium: Ba)

e) Ammoniumsulfat

b) Calciumcarbonat

f) Silber(I)-nitrat

c) Calciumphosphat

g) Blei(II)-carbonat

d) Ammoniumchlorid

h) Eisen(III)-phosphat

+++ Spickzettel +++ Spickzettel +++ Spickzettel +++ Spickzettel +++ Spickzettel +++ Spickzettel +++ Spickzettel ++
--

Neben einatomigen Ionen gibt es auch solche, die aus mehreren Atomen zusammengesetzt sind. Folgende zusammengesetzte Ionen (Molekülionen) gehören zu den wichtigsten:

Carbonat-Anion: CO_3^{2-}

Sulfat-Anion: SO_4^{2-}

Hydrosulfat-Anion: HSO_4^-

Nitrat-Anion: NO_3^-

Phosphat-Anion: PO_4^{3-}

Ammonium-Kation: NH_4^+

Bsp für Salze mit Molekülionen:

Bariumphosphat: $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$

Ammoniumcarbonat: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

2.3 Erklären Sie das Zustandekommen und die Natur der Bindungen in Natriumchlorid (NaCl) und Chlorwasserstoff (HCl).

Zu 3.: Quantitative Chemie

3.1. Berechnen Sie die Molare Masse (auf 2 Nachkommastellen gerundet) von unten stehenden Stoffen anhand der Atommassen (bzw. Molaren Massen) der Atome.

a) Tetrachlorkohlenstoff CCl_4

b) Calciumacetat $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

c) Salicylsäure $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$

3.2. Rechnen Sie in die in Eckigen Klammern angegebene Größe um.

a) 1 mol NaCl [g]

b) 2 mg $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ [mol]

3.3. Wie viel Protonen, Elektronen und Neutronen sind in 5 g Fluorgas enthalten? Wie viel Fluormoleküle (F_2) sind dieser Gasportion enthalten?

3.4. Aus 7 g MgCl_2 werden mit Wasser 500 mL Magnesiumchloridlösung hergestellt. Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentrationen (in mol/L) und Massenkonzentrationen aller Ionen (in g/L).

3.5 Ein Auto verbraucht auf 100 Kilometer 7,8 Liter Benzin (angenähert durch die Formel C_8H_{18} ; $\rho = 0,7 \text{ g/cm}^3$). Im Verbrennungsmotor entsteht durch die Verbrennung näherungsweise ausschließlich CO_2 und H_2O . Berechnen Sie den Sauerstoffverbrauch in Litern und die CO_2 -Bildung in Gramm. Hinweis: 1 mol eines Gases nicht bei den gegebenen Bedingungen 22,4 Liter ein.

Zu 4. Weitere einfache Umsatzberechnungen

4.1 Wie viel Gramm Cl_2 wird zur Synthese von 60 g NaCl benötigt?

4.2 Wie viel Gramm Cl_2 wird zur Synthese von 0,5 mol $MgCl_2$ benötigt?

4.3 Aluminium reagiert mit Sauerstoff zu Aluminiumoxid (Al_2O_3). Wie viel Liter Sauerstoff (Normaldruck, 20 °C) müssen zur Bildung von 34 kg Aluminiumoxid eingesetzt werden? Hinweis: 1 mol Gas entspricht 24,06 L

4.4 10 Gramm Aluminium werden in einem Reaktionsgefäß mit 5 g Br_2 zu $AlBr_3$ umgesetzt. Wie viel Gramm sind von diesen drei Stoffen nach Reaktionsende noch vorhanden?

4.5 10 Liter Methan werden mit 5 Liter Sauerstoff in einem Reaktionsgefäß zu CO_2 und H_2O (g) umgesetzt. Welche Massen und welche Volumina der beteiligten Stoffe sind nach Reaktionsende im Reaktionsgefäß enthalten? Hinweis: 1 mol Gas entspricht bei den gegebenen Bedingungen einem Volumen von 22,4 L

4.6 Ethan (C_2H_6) verbrennt mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Welches Volumen Ethan (Normaldruck, 20 °C) wird benötigt um 25 g Wasser zu erhalten? Hinweis: 1 mol des Gases nimmt bei den gegebenen Bedingungen 24,6 L Volumen ein.

4.7 Zink reagiert mit Salzsäure (HCl_{aq}) zu Wasserstoff und Zinkchlorid ($ZnCl_2$). Welche Masse Zink muss zur Bildung von 5 g Wasserstoff eingesetzt werden.

5. Reaktionstypen

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung. Begründen Sie, welcher Reaktionstyp vorliegt

- Eisenwolle wird entzündet. Es entsteht Fe_3O_4 .
- Schwefelsäure (H_2SO_4) wird mit Natronlauge umgesetzt.
- Natriumchlorid soll aus den Elementen hergestellt werden.
- Natriumchlorid soll durch eine Protolyse hergestellt werden.

Musterlösungen ohne Gewähr

1.1 und 1.2

siehe Unterrichtsunterlagen

2.1

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| a) NaBr | g) K ₂ O |
| b) NaF | h) Re ₂ O ₇ |
| c) CaCl ₂ | i) FeCl ₃ |
| d) Al ₂ O ₃ | j) PtO ₂ |
| e) PbO | k) MnO ₂ |
| f) PbO ₂ | l) BeS |

2.2

- | | |
|--|------------------------------------|
| a) BaSO ₄ | e) (NH ₄) ₂ |
| b) CaCO ₃ | f) AgNO ₃ |
| c) Ca ₃ (PO ₄) ₂ | g) PbCO ₃ |
| d) NH ₄ Cl | h) FePO ₄ |

Zu 3.: Quantitative Chemie

3.1. Je nach verwendetem PSE können auch andere Nachkommastellen resultieren.

a) $M(\text{CCl}_4) = M(\text{C}) + 4 \cdot M(\text{Cl}) = 153,82 \text{ g/mol}$ $M = 158,17 \text{ g/mol}$ c) $138,12 \text{ g/mol}$

3.2.

a) $m(\text{NaCl}) = M(\text{NaCl}) \cdot n(\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g/mol} \cdot 1 \text{ mol} \approx 58,44 \text{ g}$

b) Eine gängige Abkürzung für das Acetat-Ion (CH₃COO⁻) ist Ac⁻

$$n(\text{CaAc}_2) = \frac{m(\text{CaAc}_2)}{M(\text{CaAc}_2)} = \frac{0,002 \text{ g}}{158,17 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 1,264 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

3.3. $n(\text{F}_2) = \frac{m(\text{F}_2)}{M(\text{F}_2)} = \frac{5 \text{ g}}{38,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,13158 \text{ mol}$

$$N(\text{F}_2) = n(\text{F}_2) \cdot N_A \approx 0,13158 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \approx 7,924 \cdot 10^{22} \text{ F}_2 \text{ - Moleküle}$$

Da jedes F₂-Molekül aus 18 p⁺, 18 e⁻ und 20 n⁰ besteht (man beachte: F₂ besteht aus 2 F-Atomen!) folgt:

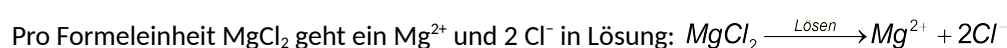
$$N(\text{p}^+) = N(\text{e}^-) \approx 1,43 \cdot 10^{24} \text{ und } N(\text{n}^0) \approx 1,58 \cdot 10^{24}$$

3.4

Zuerst wird berechnet welche Stoffmenge MgCl₂ das ist:

$$n(\text{MgCl}_2) = \frac{m(\text{MgCl}_2)}{M(\text{MgCl}_2)} = \frac{7 \text{ g}}{95,21 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,0735 \text{ mol}$$

Dann wird berechnet welche Stoffmengen Mg²⁺ und Cl⁻ vorliegen (z.B. mit Reaktionsgleichung):



Wenn man also 0,0735 mol $MgCl_2$ löst, so sind in der Lösung 0,0735 mol Mg^{2+} und $2 \cdot 0,0735 \text{ mol} \approx 0,1470 \text{ mol } Cl^-$ enthalten.

Diese Stoffmengen können jetzt in Massen umgerechnet werden:

$$m(Mg^{2+}) = n(Mg^{2+}) \cdot M(Mg^{2+}) = 0,0735 \text{ mol} \cdot 24,31 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 1,787 \text{ g}$$

und

$$m(Cl^-) = n(Cl^-) \cdot M(Cl^-) = 0,1470 \text{ mol} \cdot 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 5,211 \text{ g}$$

Mithilfe der Stoffmengen und der Massen lassen sich die Stoffmengenkonzentrationen in mol/L und die Massenkonzentrationen in Gramm pro Liter berechnen.

$$\beta(Mg^{2+}) = \frac{m(Mg^{2+})}{V(Lsg)} \approx \frac{1,787 \text{ g}}{0,5 \text{ L}} \approx 3,57 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Man könnte hier auch mit dem Dreisatz rechnen: Wenn in 0,5 L Lösung (siehe Aufgabenstellung) 1,787 g Mg^{2+} enthalten sind, wie viel sind es dann pro Liter? => doppelt so viel, d.h. $1,787 \text{ g} \cdot 2 \approx 3,57 \text{ g} \Rightarrow \beta = 3,57 \text{ g/L}$

$$\beta(Cl^-) = \frac{m(Cl^-)}{V(Cl^-)} \approx \frac{5,21 \text{ g}}{0,5 \text{ L}} \approx 10,42 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

auch mit Dreisatz berechenbar

Für die Stoffmengenkonzentrationen folgt:

$$c(Mg^{2+}) = \frac{n(Mg^{2+})}{V(Lsg)} \approx \frac{0,0735 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} \approx 0,147 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Man könnte hier auch mit dem Dreisatz rechnen: Wenn in 0,5 L Lösung (siehe Aufgabenstellung) 0,0735 mol Mg^{2+} enthalten sind, wie viel sind es dann pro Liter? => doppelt so viel, d.h. $0,0735 \text{ g} \cdot 2 \approx 0,147 \text{ mol} \Rightarrow c = 0,147 \text{ mol/L}$

$$c(Cl^-) = \frac{n(Cl^-)}{V(Cl^-)} \approx \frac{0,1470 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} \approx 0,294 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

auch mit Dreisatz berechenbar

3.5

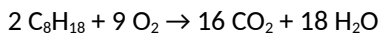
Benzin ist ein komplexes Gemisch vieler Stoffe, so dass keine chemische Formel angegeben werden kann. Ein wichtiger Bestandteil ist jedoch n-Octan (C_8H_{18}).

Berechnung der Stoffmenge von „Benzin“

$$m(C_8H_{18}) = \rho(C_8H_{18}) \cdot V(Lsg) = 0,7 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot 7800 \text{ mL} \approx 5460 \text{ g}$$

$$n(C_8H_{18}) = \frac{m(C_8H_{18})}{M(C_8H_{18})} = \frac{5460 \text{ g}}{114,23 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 47,798 \text{ mol}$$

Berechnung der Stoffmengen CO_2 und O_2 (mithilfe der Reaktionsgleichung)



Berechnung der Stoffmengen über das Koeffizientenverhältnis:

Koeffizient 2 A 47,798 mol	⇒ x = 215,09 mol O_2	Koeffizient 2 A 47,798 mol	⇒ x = 382,384 mol CO_2
Koeffizient 9 A x		Koeffizient 16 A x	

Berechnung des Volumens und der Masse

1 mol A 22,4 mol	⇒ x ≈ 4800 L O_2	m(CO_2) = n(CO_2) · M(CO_2) ≈ 382,384 mol · 44,01 g/mol ≈
215,09 mol A x		16829 g (pro 100 km)
		Pro km sind das dann ca. 170 g.

Zu 4. Weitere einfache Umsatzberechnungen: Allgemeine Lösungsstrategie (gilt für alle Aufgaben)

- Schritt 1: Zuerst wird die Reaktionsgleichung aufgestellt und richtig eingerichtet.
- Schritt 2: Anschließend wird die in der Aufgabenstellung angegebene Stoffportion mithilfe der entsprechenden molaren Masse M in eine Stoffmenge umgerechnet. Die Molare Masse ist völlig unabhängig von Koeffizienten aus der Reaktionsgleichung und kann für die meisten Stoffe dem Tabellenbuch entnommen werden. Sie lässt sich allerdings auch mithilfe der Atommassen aus dem PSE berechnen. Manchmal wird die Stoffmenge schon angegeben sein, so dass eine Berechnung entfällt (siehe z.B. Aufgabe 2).
- Schritt 3: Anschließend wird mithilfe des Koeffizientenverhältnis aus der Reaktionsgleichung auf die gewünschten Stoffmengen geschlossen.
- Schritt 4: Die Stoffmengen müssen dann noch in ein Volumen oder in eine Masse umgerechnet werden. Will man in die Masse umrechnen, wird die Molare Masse des entsprechenden Stoffs benötigt.

Konkretes Beispiel gewünscht? => siehe Lösung für Aufgabe 4.1!

Nr. 4.1

Rkt. Gleichung (Schritt 1)	2 Na	+ Cl ₂	→ 2 NaCl	
In Aufgabenstellung gegebene Stoffportion	?	?	60 g	
Molare Massen – aus Tabellenbuch (für Schritt 2 und 4)	22,9898 g/mol	70,906 g/mol	58,442 g/mol	Die molaren Massen von Stoffen hängen nicht von Koeffizienten aus der Rkt.gleichung ab!
Berechnete Stoffmenge (Schritt 2)			1,02665891 mol	Zwischenergebnisse nicht oder nur wenig runden!
Mit Koeffizientenverhältnis berechnete $n(X)$ (Schritt 3)	1,02665891 mol	0,5133295 mol		Aus dem Koeff.verhältnis (siehe Rkt. Gleichung) ist zu sehen, dass die dieselbe Stoffmenge an Na und die halbe Stoffmenge Cl ₂ benötigt wird.
Umrechnung in die Massen (Schritt 4)	23,603 g m(Na)	36,398 g m(Cl₂)		Endergebnisse müssen (!) gerundet werden. Die Anzahl der Rundungsstellen bestimmen Sie, sie muss aber plausibel sein. Man prüfe zur Kontrolle den Massenerhalt. Die Summe der Massen ergibt wieder 60,000 g.

Nr. 4.2					
Rkt. Gleichung (Schritt 1)	Mg	+	Cl ₂	→ MgCl ₂	
Molare Massen – aus Tabellenbuch (für Schritt 4)	24,305 g/mol		70,906 g/mol	95,211 g/mol	
Stoffmenge (hier schon angegeben) (Schritt 2)				0,5 mol	
Mit Koeffizientenverhältnis berechnete n(X) (Schritt 3)	0,5 mol		0,5 mol		Aus dem Koeff.verhältnis (1:1:1, $\underline{1}$ Mg + $\underline{1}$ Cl ₂ → $\underline{1}$ MgCl ₂) ist zu sehen, dass die dieselben Stoffmengen an Mg und an Cl ₂ benötigt werden.
Umrechnung in die Massen (Schritt 4)	12,153 g m(Mg)		35,453 g m(Cl ₂)	(47,606 g)	Die MgCl ₂ -Masse wurde nur zur Kontrolle des Massenerhalts berechnet.

Nr. 4.3					
Rkt. Gleichung (Schritt 1)	4 Al	+	3 O ₂	→ 2 Al ₂ O ₃	
In Aufgabenstellung gegebene Stoffportion	?		?	34000 g	
Molare Massen – aus Tabellenbuch (für Schritt 2 und 4)	26,9815 g/mol		31,9988 g/mol	101,961 g/mol	Warum entspricht die Summe der molaren Massen der Ausgangsstoffe im Allgemeinen nicht der Summe der molaren Massen der Produkte? – Das können Sie sich selbst erklären!
Berechnete Stoffmenge (Schritt 2)				333,4608 mol	
Mit Koeff.verhältnis berechnete n(X) (Schritt 3)			500,1912 mol		Die 500,1912 mol lassen sich z.B. mit dem Dreisatz berechnen: $2 \hat{=} 333,4608 \quad 3 \hat{=} x \quad \Rightarrow x = \dots$
Umrechnung in Volumen (Schritt 4)			12035 L		Das Volumen lässt sich mit dem Dreisatz berechnen: 1 mol A 24,06 L, 500,1912 mol A x $\Rightarrow x = 12035 \text{ L (runden!)}$

Nr. 4.4					
Rkt. Gleichung	2 Al	+	3 Br ₂	→ 2 AlBr ₃	
In Aufgabenstellung gegebene Stoffportion	10 g		5 g	?	Hier sind 2 Stoffportionen gegeben, sie müssen aber nicht unbedingt beide vollständig abreagieren, einer der beiden Ausgangsstoffe kann im Überschuss vorliegen!
Molare Massen – aus Tabellenbuch	26,9815 g/mol		159,808 g/mol	266,694 g/mol	
Vorgelegte Stoffmengen	0,370624 mol		0,0312875 mol		
Als nächstes muss überprüft werden, ob und wenn ja, welcher der Ausgangsstoffe im Überschuss vorliegt.					
benötigte Br ₂ -Stoffmenge wenn Al vollständig abreagieren soll (mit Koeffizientenverhältnis der Rkt.gl. berechnet)	0,370624 mol		0,555936 mol <u>(so viel steht nicht zur Verfügung)</u>		Zum vollständigen Umsatz von 0,370624 mol Al würden 0,555936 mol Br ₂ benötigt. Soviel steht jedoch nicht zur Verfügung! \Rightarrow Al ist also im Überschuss vorhanden!
benötigte Al-Stoffmenge wenn Br ₂ vollständig abreagiert (mit Koeffizientenverhältnis der Rkt.gl. berechnet)	0,020858 mol		0,0312875 mol		Br ₂ kann vollständig (0,0312875 mol) abreagieren. Dazu werden 0,020858 mol Al benötigt. Nach vollständiger Abreaktion von Br ₂ ist noch eine Restportion an Al vorhanden.
Umrechnung in die Massen	0,5628 g		5,0000 g	5,5628 g (Summe der	Mit dem Massenerhaltungssatz lässt sich leicht die Masse an AlBr ₃

reag. Ausgangsstoffe) ausrechnen, wenn man weiß, welche Massen der Ausgangsstoffe reagieren.

Die Restmasse an Al entspricht der Differenz zwischen Anfangsmasse und abreagierter Masse:

$$m(\text{Al}) = 10 \text{ g} - 0,5628 \text{ g} = 9,4372 \text{ g}.$$

Im Gefäß sind nach Reaktionsende enthalten: 0 g Br₂ (vollständig abreagiert), 9,437 g Al und 5,563 g AlBr₃.

Nr. 4.5

ergänzender Hinweis zur Aufgabenstellung: Auch H₂O soll nach Reaktion gasförmig vorliegen (H₂O-Dampf).

Rkt. Gleichung	CH ₄	+	2 O ₂	→	1 CO ₂	+	2 H ₂ O	
In Aufgabenstellung gegebene Stoffportion	10 L		5 L		?		?	
Vorgelegte Stoffmengen	0,446429 mol		0,223214 mol					Mit Dreisatz berechnet. z.B. für CH ₄ 1 mol A 22,4 L x A 10 L
Als nächstes muss überprüft werden, ob und wenn ja, welche der Ausgangsstoffe im Überschuss vorliegen. Da die Ausgangsstoffe im Stoffmengenverhältnis 1:2 reagieren (Koeffizientenverhältnis der Rkt.gleichung), sieht man das ein Überschuss an CH ₄ enthalten ist. Die O ₂ -Portion hingegen kann vollständig abreagieren. =>								
tatsächlich reagierende Stoffmengen und Stoffmengen der sich bildenden Produkte.	0,111607 mol		0,223214 mol		0,111607 mol		0,223214 mol	
nach Rkt. vorhandene Stoffmengen	0,33482 mol		0,00 mol		0,111607 mol		0,223214 mol	
Umrechnung in Volumina	7,50 L		0,00 L		2,50 L		5,00 L	Mit Dreisatz berechnet. z.B. für CH ₄ 1 mol A 22,4 L Mit Dreisatz berechnet. z.B. für CH ₄ : 1 mol A 22,4 L 0,33482 mol A x
Molare Massen - aus Tabellenbuch	16,043 g/mol		31,9998 g/mol		44,010 g/mol		18,0152 g/mol	
Nach Rkt. vorhandene Massen (mit m = n·M berechnet)	5,37 g		0,00 g		4,91 g		4,02 g	

Nr. 4.6

Rkt. Gleichung (Schritt 1)	2 C ₂ H ₆	+	7 O ₂	→	4 CO ₂	+	6 H ₂ O	
In Aufgabenstellung gegebene Stoffportion	?		?		?		25 g	
Molare Massen - aus Tabellenbuch	30,069 g/mol		31,9998 g/mol		44,010 g/mol		18,0152 g/mol	
Berechnete Stoffmenge (Schritt 2)							1,387717 mol	
Mit Koeff.verhältnis berechnete n(X) (Schritt 3)	0,462572 mol		unnötig		unnötig			
Umrechnung in Volumen (Schritt 4)	11,38 L							1 mol ≙ 24,6 L 0,462572 mol ≙ x

Nr. 4.7

Ergänzung zur Aufgabenstellung: Summenformel von Zinkchlorid: ZnCl₂

Rkt. Gleichung (Schritt 1)	Zn (s)	+	2 HCl (aq)	→	H ₂ (g)	+	ZnCl ₂ (aq)	
In Aufgabenstellung gegebene Stoffportion	?		?		5 g		?	
Molare Massen - aus Tabellenbuch	65,39 g/mol		36,461 g/mol		2,0158 g/mol		136,30 g/mol	
Berechnete Stoffmenge					2,48040 mol			

(Schritt 2)				
Mit Koeff.verhältnis berechnete n(X)	2,48040 mol	unnötig		unnötig
(Schritt 3)				
Umrechnung in Masse (Schritt 4)	162,2 g			

Nr. 5