

**1.1** 10 g Natriumchlorid werden auf ein Gesamtvolumen von 500 mL Lösung gelöst. Berechnen Sie  $c(\text{NaCl})$ ,  $c(\text{Na}^+)$ ,  $c(\text{Cl}^-)$ ,  $\beta(\text{NaCl})$ ,  $\beta(\text{Na}^+)$  und  $\beta(\text{Cl}^-)$ .

**1.2** Berechnen Sie die in eckigen Klammern angegebenen Größe in diesen Lösungen

- Kaliumbromidlösung mit  $c(\text{K}^+) = 0,5 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{c}(\text{Br}^-)]$  und  $[\text{c}(\text{KBr})]$
- Calciumchloridlösung mit  $c(\text{CaCl}_2) = 0,5 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{c}(\text{Ca}^{2+})]$  und  $[\text{c}(\text{Cl}^-)]$
- Lithiumsulfatlösung mit  $c(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 2,1 \text{ } \mu\text{mol/L}$ ,  $[\text{c}(\text{Li}^+)]$  und  $[\text{c}(\text{SO}_4^{2-})]$
- Eisen(III)-chloridlösung mit  $c(\text{Cl}^-) = 1,8 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{c}(\text{Fe}^{3+})]$  und  $[\text{c}(\text{FeCl}_3)]$
- Nickelnitratlösung mit  $c(\text{NO}_3^-) = 0,3 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{c}(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2)]$  und  $[\text{c}(\text{Ni}^{2+})]$
- $\text{CuCl}_2$ -Lösung mit  $\beta(\text{Cu}^{2+}) = 0,5 \text{ g/L}$ ,  $[\text{c}(\text{CuCl}_2)]$  und  $[\text{c}(\text{Cl}^-)]$

**1.3** Welche Stoffmenge  $n(\text{NH}_4^+)$  und  $n(\text{SO}_4^{2-})$  befinden sich in 50 mL einer 0,3-molaren Ammoniumsulfatlösung  $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ ?

**1.4** In welchem Volumen einer Glucoselösung mit  $\beta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 20 \text{ g/L}$  befinden sich 0,2 mol  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ?

**1.5** 50 g  $\text{CaCl}_2$  werden auf ein Gesamtvolumen von 500 mL gelöst. Berechnen Sie  $c(\text{CaCl}_2)$ ,  $c(\text{Ca}^{2+})$ ,  $c(\text{Cl}^-)$ ,  $\beta(\text{Ca}^{2+})$  und  $\beta(\text{Cl}^-)$ .

**1.6** In welchem Volumen einer 0,5 molaren Aluminiumnitrat-Lösung  $(\text{Al}(\text{NO}_3)_3)$  befinden sich 5 g Aluminium gelöst?

**1.7** Welche Masse  $\text{Cr}^{3+}$  finden sich in 400 mL einer 150-millimolaren Chrom(III)-nitrat-Lösung?

**1.8** Welche molare Masse  $M$  hat ein Salz, wenn in 750 mL einer 0,2-molaren Salzlösung 17,4 g Salz gelöst sind.

**1.9** Es sollen 2500 mL einer Natriumsulfit-Lösung hergestellt werden, die pro 1000 mL 15 g Sulfit-Ionen enthalten. Welche Masse Natriumsulfit muss eingewogen werden?

**1.10** 20,0 g Ammoniumchlorid werden in 1000,0 mL Wasser gegeben.

- Warum beträgt die  $\beta(\text{Ammoniumchlorid})$  nicht 20,0 g/L?
- Die Dichte der Lösung beträgt  $1,0563 \text{ g/cm}^3$ . Berechnen Sie  $\beta(\text{Ammoniumchlorid})$  und  $c(\text{Ammoniumchlorid})$ .

**1.11** Die Dichte einer Eisen(III)-chlorid-Lösung wurde auf  $\rho = 1,182 \text{ g/cm}^3$  bestimmt. Eine chemische Analyse ergab, dass 50 g der Lösung insgesamt 0,5 g Chlorid-Ionen enthalten. Berechnen Sie  $c(\text{Eisen(III)-chlorid})$ .

**1.12** Die Massenkonzentration an Ammoniumionen einer Ammoniumphosphat-Lösung beträgt  $\beta(\text{Ammonium}) = 13,1 \text{ g/L}$ . Berechnen Sie  $\beta(\text{Phosphat})$  in dieser Lösung.

## 2. Berücksichtigung von Kristallwasser und Verunreinigung bei $c(\text{X})$ und $\beta(\text{X})$

**2.1** Es sollen 100 mL einer Natriumcarbonat-Lösung mit  $c(\text{Natriumcarbonat}) = 50 \text{ } \mu\text{mol/L}$  hergestellt werden. Welche Masse der jeweiligen Ausgangsstoffe ist einzusetzen? Geben Sie die wichtigsten Herstellungsschritte an.

- Natriumcarbonat
- Kristallsoda: Natriumcarbonat-Dekahydrat

**2.2** 30 g Calciumnitrat-Tetrahydrat werden auf ein Gesamtvolumen von 500 mL gelöst. Wie groß ist  $c(\text{Calciumnitrat})$ , sowie die Stoffmengen- und die Massenkonzentrationen aller in Lösung vorliegenden Ionen?

**2.3** Zu welchem Gesamtvolumen müssen 30 g Eisen(III)-sulfat-Nonahydrat gelöst werden, um eine Lösung mit  $\beta(\text{Fe}^{3+}) = 50 \text{ } \mu\text{g/L}$  zu erhalten? Schätzen Sie vor dem Rechnen, die Größenordnung der Ergebnisse ab (liegt das Ergebnis im Milliliterbereich oder im Kubikmeterbereich o.ä.?)!

**2.4** Als „Viehsalz“ wird verunreinigtes Natriumchlorid bezeichnet. Welche Masse Viehsalz (mit  $w_0(\text{NaCl}) = 88,5\%$ ) müssen eingewogen werden um 250 mL einer Lösung mit  $c(\text{NaCl}) = 2 \text{ mol/L}$  zu erhalten?

**2.5** Löst man 30 g technischen Kaliumhydroxids zu 500 mL Lösung, so erhält man  $c(\text{KOH}) = 0,8 \text{ mol/L}$ . Berechnen Sie den Massenanteil  $w(\text{KOH})$  im Ausgangsstoff.

**2.6** Welche Masse an technischem Natriumsulfat mit  $w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 92\%$  müssen in Wasser gelöst werden, um 400 mL Lösung mit  $\beta(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1,0 \text{ g/L}$  zu erhalten.

**2.7** Ein Ausgangsgemisch enthält neben unlöslichen Bestandteilen auch Mangansulfat-Pentahydrat mit einem Massenanteil von  $w(\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 78,5\%$ . Welche Masse aus Ausgangsgemisch müssen eingewogen werden, um 5,00 L Lösung mit  $c(\text{Mn}^{2+}) = 0,5 \text{ mol/L}$  zu erhalten?

## Lösungen – ohne Gewähr

Hinweis: Bei einigen Aufgaben finden sich nur kurze Lösungshinweise.

1.1

**Merke: (Stärker) gerundet wird erst das Endergebnis!**

10 Gramm NaCl entsprechen 0,1711098 mol NaCl. Wegen den Indices 1 ( $\text{Na}_1\text{Cl}_1$ ) folgt, dass in dieser Stoffportion 0,1711098 mol  $\text{Na}^+$  und 0,1711098 mol  $\text{Cl}^-$  enthalten sind. Das sind 3,9338 g  $\text{Na}^+$  und 6,06636 g  $\text{Cl}^-$ . Mit den Beziehungen  $\beta = m / V$  bzw.  $c = n/V$  folgt für die Teilchen NaCl,  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$ :

$$\begin{array}{lll} \beta(\text{NaCl}) = 20 \text{ g/L} & \beta(\text{Na}^+) = 7,868 \text{ g/L} & \beta(\text{Cl}^-) = 12,133 \text{ g/L} \\ c(\text{NaCl}) = 0,3422 \text{ mol/L} & c(\text{Na}^+) = 0,3422 \text{ mol/L} & c(\text{Cl}^-) = 0,3422 \text{ mol/L} \end{array}$$

1.2

$$\begin{array}{ll} \text{a) } c(\text{Br}^-) = c(\text{KBr}) = 0,5 \text{ mol/L} & \text{b) } c(\text{Ca}^{2+}) = 0,5 \text{ mol/L und } c(\text{Cl}^-) = 1 \text{ mol/L} \\ \text{c) } c(\text{Li}^+) = 4,2 \text{ } \mu\text{mol und } c(\text{SO}_4^{2-}) = 2,1 \text{ } \mu\text{mol/L} & \text{d) } c(\text{Fe}^{3+}) = c(\text{FeCl}_3) = 0,6 \text{ mol/L} \\ \text{e) } c(\text{Ni}^{2+}) = c(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = 0,15 \text{ mol/L} & \text{f) } c(\text{Cu}^{2+}) = 0,007868 \text{ mol/L} \Rightarrow c(\text{CuCl}_2) = 0,007868 \text{ mol/L} \\ & \text{und } c(\text{Cl}^-) = 0,01574 \text{ mol/L} \end{array}$$

1.3

$$c(\text{NH}_4^+) = 0,6 \text{ mol/L} \Rightarrow n(\text{NH}_4^+) = c(\text{NH}_4^+) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,6 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,05 \text{ L} = 0,03 \text{ mol}$$

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,3 \text{ mol/L} \Rightarrow n(\text{SO}_4^{2-}) = c(\text{SO}_4^{2-}) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,3 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,05 \text{ L} = 0,015 \text{ mol}$$

1.4.

**Alternative 1:** Erst die Massenkonzentration in die Stoffmengenkonzentration  $c(\text{Gluc})$  umrechnen. Dann mit der Definitionsgleichung ausrechnen, in welchem Volumen 0,2 mol enthalten sind.

$$c(\text{Gluc}) = \frac{\beta(\text{Gluc})}{M(\text{Gluc})} = \frac{20 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{180,158 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,111014 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$
$$V(\text{Lsg}) = \frac{n(\text{Gluc})}{c(\text{Gluc})} = \frac{0,2 \text{ mol}}{0,111014 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \approx 1,802 \text{ L}$$

**Alternative 2:** Die 0,2 mol erst in eine Masse umrechnen. Dann mit der Definitionsgleichung für die Massenkonzentration, das Volumen ausrechnen.

$$m(\text{Gluc}) = n(\text{Gluc}) \cdot M(\text{Gluc}) = 0,2 \text{ mol} \cdot 180,158 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 36,0316 \text{ g}$$
$$V(\text{Lsg}) = \frac{m(\text{Gluc})}{\beta(\text{Gluc})} = \frac{36,0316 \text{ g}}{20 \frac{\text{g}}{\text{L}}} \approx 1,802 \text{ L}$$

1.5.

Bitte selbst rechnen. Analog zu Aufgabe 1.1

1.6.

(1) Zuerst wird  $c(\text{Al}^{3+})$  ermittelt. (2) Dann wird in  $\beta(\text{Al}^{3+})$  umgerechnet. (3) Am Schluss wird dann mit der Definitionsgleichung das gesuchte Volumen ausgerechnet.

Zu 1:  $c(\text{Al}^{3+}) = 0,5 \text{ mol/L}$ , weil in einem  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ -Teilchen genau 1 Al steckt.

Zu 2:  $\beta(\text{Al}^{3+}) = c(\text{Al}^{3+}) \cdot M(\text{Al}^{3+}) = 0,5 \text{ mol/L} \cdot 26,981539 \text{ g/mol} \approx 13,49077 \text{ g/L}$

$$\text{Zu 3: } V(\text{Lsg}) = \frac{m(\text{Al}^{3+})}{\beta(\text{Al}^{3+})} \approx \frac{5 \text{ g}}{13,49077 \frac{\text{g}}{\text{L}}} \approx 0,371 \text{ L}$$

1.7.

direkt bekannt:  $V(\text{Lsg}) = 0,4 \text{ L}$ ,  $c(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 0,15 \text{ mol/L}$ ,  $M(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3)$ ,  $M(\text{Cr}^{3+})$ ,  $M(\text{NO}_3^-)$

indirekt bekannt:  $c(\text{Cr}^{3+}) = 0,15 \text{ mol/L}$ ,  $c(\text{NO}_3^-) = 0,45 \text{ mol/L}$

gesucht:  $m(\text{Cr}^{3+})$

### Lösungsmöglichkeit 1

a) Mit der *Definitionsgleichung der Stoffmengenkonzentration* wird zuerst  $n(\text{Cr}^{3+})$  in 400 mL Lösung berechnet. b) Mit der *stöchiometrischen Grundgleichung* kann dann in die gewünschte Masse umgerechnet werden.

$$\text{Zu a) } c(\text{Cr}^{3+}) = \frac{n(\text{Cr}^{3+})}{V(\text{Lsg})} \Rightarrow 0,15 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{n(\text{Cr}^{3+})}{0,4\text{L}} \Rightarrow n(\text{Cr}^{3+}) = 0,06 \text{ mol}$$

$$\text{Zu b) } M(\text{Cr}^{3+}) = \frac{m(\text{Cr}^{3+})}{n(\text{Cr}^{3+})} \Rightarrow 51,9961 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \frac{m(\text{Cr}^{3+})}{0,06 \text{ mol}} \Rightarrow m(\text{Cr}^{3+}) \approx 3,120 \text{ g}$$

### Lösungsmöglichkeit 2

a) Mit der *Umrechnungsformel von  $\beta(X) \leftrightarrow c(X)$*  wird zuerst  $\beta(\text{Cr}^{3+})$  ausgerechnet. b) Anschließend wird mit der *Definitionsgleichung der Massenkonzentration* die Masse  $m(\text{Cr}^{3+})$  berechnet.

$$\text{Zu a) Formel 3} \Rightarrow c(\text{Cr}^{3+}) = \frac{\beta(\text{Cr}^{3+})}{M(\text{Cr}^{3+})} \Rightarrow 0,15 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{\beta(\text{Cr}^{3+})}{51,9961 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \Rightarrow \beta(\text{Cr}^{3+}) = 7,799415 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\text{Zu b) Formel 4} \Rightarrow \beta(\text{Cr}^{3+}) = \frac{m(\text{Cr}^{3+})}{V(\text{Lsg})} \Rightarrow 7,799415 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \frac{m(\text{Cr}^{3+})}{0,4\text{L}} \Rightarrow m(\text{Cr}^{3+}) \approx 3,120 \text{ g}$$

1.8.

a) Zuerst wird mit der Definitionsgleichung der Massenkonzentration  $\beta(\text{Salz})$  gelöst. b) Mit der *Umrechnungsformel von  $\beta(X) \leftrightarrow c(X)$*  wird dann  $M(\text{Salz})$  berechnet.

$$\text{Zu a) } \beta(X) = \frac{m(X)}{V(\text{Lsg})} = \frac{17,4 \text{ g}}{0,75 \text{ L}} = 23,2 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\text{Zu b) } M(X) = \frac{\beta(X)}{c(X)} = \frac{23,2 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 116 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

1.9

direkt bekannt:  $V(\text{Lsg}) = 2,5 \text{ L}$ ,  $\beta(\text{SO}_3^{2-}) = 15 \text{ g/L}$ ,  $M(\text{Na}^+)$ ,  $M(\text{SO}_3^{2-})$ ,  $M(\text{Na}_2\text{SO}_3)$

gesucht:  $m(\text{Na}_2\text{SO}_3)$

### Lösungsmöglichkeit 1

a) Zuerst wird mit der *Umrechnungsformel von  $\beta(X) \leftrightarrow c(X)$*  in  $c(\text{SO}_3^{2-})$  umgerechnet. b) Durch Koeffizientenvergleich ist bekannt, dass  $c(\text{Na}_2\text{SO}_3) = c(\text{SO}_3^{2-})$ . c) Anschließend wird mit der *Definitionsgleichung für Stoffmengenkonzentrationen*  $n(\text{Na}_2\text{SO}_3)$  berechnet. d) Mit der *stöchiometrischen Grundgleichung* wird nun in  $m(\text{Na}_2\text{SO}_3)$  umgerechnet.

$$\text{Zu a) } c(\text{SO}_3^{2-}) = \frac{\beta(\text{SO}_3^{2-})}{M(\text{SO}_3^{2-})} = \frac{15 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{80,064 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,18735 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Zu b) Da in 1 Teilchen  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  genau 1 Teilchen  $\text{SO}_3^{2-}$  enthalten ist, gilt  $c(\text{Na}_2\text{SO}_3) = c(\text{SO}_3^{2-}) = 0,18735 \text{ mol/L}$

$$\text{Zu c) } n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = c(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,18735 \text{ mol} \cdot 2,5 \text{ L} = 0,468375 \text{ mol}$$

$$\text{Zu d) } m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = n(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,468375 \text{ mol} \cdot 126,04 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 59,034 \text{ g}$$

### Lösungsmöglichkeit 2: Rechnen über Massenanteile

a) Zuerst wird mit der *Definitionsgleichung der Massenkonzentration* berechnet, welche Masse  $m(\text{SO}_3^{2-})$  in der gewünschten Lösung insgesamt enthalten sein soll.

b) Anschließend wird mithilfe der molaren Massen berechnet wie groß der *Massenanteil*  $w(\text{SO}_3^{2-})$  im Reinstoff  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ist. c) Mithilfe der *allgemeinen Definitionsgleichung des Massenanteils* wird berechnet in welcher Masse  $m(\text{Na}_2\text{SO}_3)$  die gewünschte Stoffportion enthalten ist.

$$\text{Zu a) } m(\text{SO}_3^{2-}) = \beta(\text{SO}_3^{2-}) \cdot V(\text{Lsg}) = 15 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 2,5 \text{L} = 37,5 \text{g}$$

$$\text{Zu b) } w(\text{SO}_3^{2-}) = \frac{1 \cdot M(\text{SO}_3^{2-})}{M(\text{Na}_2\text{SO}_3)} = \frac{1 \cdot 80,064 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{126,04 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,635227$$

$$\text{Zu c) } m_{\text{gesamt}} = \frac{m(\text{SO}_3^{2-})}{w(\text{SO}_3^{2-})} = \frac{37,5 \text{g}}{0,635227} \approx 59,034$$

1.10.

a) Bei Lösen von Salzen kommt es zur **Volumenkontraktion** oder **Volumenerweiterung**. Gibt man z.B. 1000 mL zu 20 g eines Salzes, resultieren nicht 1000 mL Lösung sondern mehr oder weniger Volumen als 1000 mL.

b) Zuerst wird  $w(\text{NH}_4\text{Cl})$  berechnet. Dies ist möglich, weil die Masse der Lösung bekannt ist. Gibt man zu 20 g Salz nämlich 1000 g  $\text{H}_2\text{O}$  (A 1000 mL), so entstehen 1020 g Lösung.

$$\text{Formel 5} \Rightarrow w(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{m(\text{NH}_4\text{Cl})}{m(\text{Lsg})} \approx \frac{20 \text{g}}{20 \text{g} + 1000 \text{g}} \approx 0,019608$$

Nun lässt sich diese Gehaltsangabe in die Massenkonzentration umrechnen:

$$\text{Formel 7} \Rightarrow \beta(\text{NH}_4\text{Cl}) = w(\text{NH}_4\text{Cl}) \cdot \rho(\text{Lsg}) \approx 0,019608 \cdot 1,0563 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \approx 0,02071 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \approx 20,71 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Die Umrechnung in die Stoffmengenkonzentration liefert:

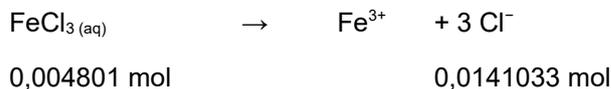
$$\text{Formel 6} \Rightarrow c(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{\beta(\text{NH}_4\text{Cl})}{M(\text{NH}_4\text{Cl})} \approx \frac{20,71 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{53,4912 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,387 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

1.11

Es wird die Stoffmenge  $n(\text{Cl}^-)$  berechnet, die in 50 g Lösung enthalten ist.

$$\text{Stöchiometrische Grundgleichung (Formel 1)} \Rightarrow n(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{M(\text{Cl}^-)} = \frac{0,5 \text{g}}{35,4527 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,0141033 \text{mol}$$

Da die gelöste Verbindung  $\text{FeCl}_3$  lautet, ist bekannt, dass 3  $\text{Cl}^-$ -Ionen durch die Auflösung von 1  $\text{FeCl}_3$ -Teilchen entstehen. Die in der Lösung enthaltenen  $\text{FeCl}_3$ -Stoffmenge ist also dreimal kleiner als die  $\text{Cl}^-$ -Stoffmenge. Dies erkennt man auch an der Reaktionsgleichung (1:3-Koeffizientenverhältnis):



Die Masse der Lösung (50g) lässt sich mit der Dichteformel in ein Volumen umrechnen:

$$\text{Formel 0} \Rightarrow V(\text{Lsg}) = \frac{m(\text{Lsg})}{\rho(\text{Lsg})} = \frac{50 \text{g}}{1,182 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \approx 42,30 \text{cm}^3 \approx 0,04230 \text{L}$$

Mit der Definitionsgleichung der Stoffmengenkonzentration lässt sich  $c(\text{FeCl}_3)$  berechnen:

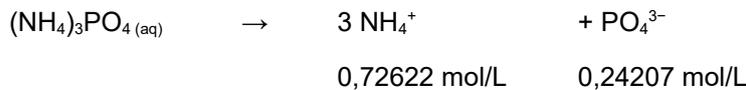
$$\text{Formel 3} \Rightarrow c(\text{FeCl}_3) = \frac{n(\text{FeCl}_3)}{V(\text{Lsg})} \approx \frac{0,004801 \text{mol}}{0,04230 \text{L}} \approx 0,1135 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

1.12

Zuerst wird berechnet, wie groß  $c(\text{NH}_4^+)$  ist.

$$\text{Formel 6} \Rightarrow c(\text{NH}_4^+) = \frac{\beta(\text{NH}_4^+)}{M(\text{NH}_4^+)} = \frac{13,1 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{18,03850 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,72622 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Aus der Formel für Ammoniumphosphat  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  ist zu entnehmen, dass die Phosphat-Stoffmenge bzw. die Phosphat-Stoffmengenkonzentration  $c(\text{PO}_4^{3-})$  drei mal kleiner als die Ammonium-Stoffmengenkonzentration.



Die Phosphat-Stoffmengenkonzentration kann nun in die Massenkonzentration umgerechnet werden:

$$\text{Formel 6} \Rightarrow \beta(\text{PO}_4^{3-}) = c(\text{PO}_4^{3-}) \cdot M(\text{PO}_4^{3-}) \approx 0,24207 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 94,9714 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 22,99 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

## 2.1

Ob man nun eine Verbindung mit oder ohne Kristallwasser wählt, ist für den Rechenweg egal. Nur die zu benutzenden molaren Massen unterscheiden sich.

Zuerst wird die Stoffmenge  $n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  ausgerechnet, die enthalten sein soll.

$$\text{Formel 3} \Rightarrow n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot V(\text{Lsg}) = 50 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{L} = 50 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$$

Nun kann in die benötigten Massen umgerechnet werden:

### Teilaufgabe a)

$$(\text{Formel 1}) \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \approx 50 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot 105,989 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 0,00053 \text{g}$$

Die Masse ist klein und deshalb auf der Analysenwaage nur ungenau abwiegbare.

### Teilaufgabe b)

$50 \cdot 10^{-7} \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$  sind in  $50 \cdot 10^{-7} \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  enthalten.

$$(\text{Formel 1}) \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \approx 50 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot 286,142 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 0,0014 \text{g}$$

Diese Masse ist etwas größer und deshalb genauer abwiegbare.

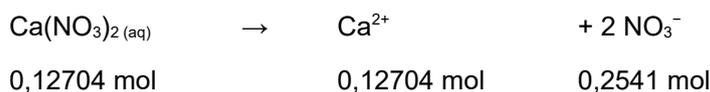
## 2.2

Zuerst wird die Stoffmenge an  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  berechnet:

$$\text{Formel 1} \Rightarrow n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})} = \frac{30 \text{g}}{236,149 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,12704 \text{mol}$$

Da in einem  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -Teilchen 1  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -Teilchen enthalten ist, gilt:  $n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \approx 0,12704 \text{ mol}$ .

Nun werden mit dem Koeffizientenverhältnis die Stoffmengen  $n(\text{Ca}^{2+})$  und  $n(\text{NO}_3^-)$  berechnet:



Mit der Definitionsgleichung lassen sich die Stoffmengenkonzentrationen der 3 Teilchen berechnen:

$$\begin{aligned} c(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) &= \frac{n(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2)}{V(\text{Lsg})} \approx \frac{0,12704 \text{ mol}}{0,5 \text{L}} \approx 0,254 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\ \text{Formel 3} \Rightarrow c(\text{Ca}^{2+}) &= \frac{n(\text{Ca}^{2+})}{V(\text{Lsg})} \approx \frac{0,12704 \text{ mol}}{0,5 \text{L}} \approx 0,254 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\ c(\text{NO}_3^-) &= \frac{n(\text{NO}_3^-)}{V(\text{Lsg})} \approx \frac{0,2541 \text{ mol}}{0,5 \text{L}} \approx 0,508 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \end{aligned}$$

Diese Stoffmengenkonzentrationen lassen sich nun in Massenkonzentrationen umrechnen:

$$\beta(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = c(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \cdot M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) \approx 0,254 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 164,088 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 41,68 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\text{Formel 6} \Rightarrow \beta(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot M(\text{Ca}^{2+}) \approx 0,254 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 40,078 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 10,18 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\beta(\text{NO}_3^-) = c(\text{NO}_3^-) \cdot M(\text{NO}_3^-) \approx 0,508 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 62,0049 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 31,50 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

## 2.3

Zuerst wird in die gewünschte Stoffmengenkonzentration  $c(\text{Fe}^{3+})$  umgerechnet.

$$\text{Formel 6} \Rightarrow c(\text{Fe}^{3+}) = \frac{\beta(\text{Fe}^{3+})}{M(\text{Fe}^{3+})} = \frac{50 \cdot 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{L}}}{55,847 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,8953 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Nun wird berechnet, welche Stoffmenge  $n(\text{Fe}^{3+})$  eingesetzt wird.

$$n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O})} = \frac{30 \text{g}}{562,022 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,05338 \text{mol}$$

Aus der Formel ist zu entnehmen, dass 1 Teilchen  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  beim Auflösen 2  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen ergibt:

$$\Rightarrow n(\text{Fe}^{3+}) = 2 \cdot 0,05338 \text{ mol} \approx 0,1068 \text{ mol Fe}^{3+}$$

Mit der Definitionsgleichung der Stoffmengenkonzentration lässt sich das benötigte Gesamtvolumen berechnen.

$$\text{Formel 3} \Rightarrow V(\text{Lsg}) = \frac{n(\text{Fe}^{3+})}{c(\text{Fe}^{3+})} = \frac{0,1068 \text{mol}}{0,8953 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \approx 119242 \text{L} \approx 119 \text{m}^3$$

## 2.4

Zuerst wird berechnet, welche Masse reines NaCl eingewogen werden müssten. Dazu wird die Stoffmenge  $n(\text{NaCl})$  in der gewünschten Lösung berechnet und die diese dann in die Masse  $m(\text{NaCl})$  umgerechnet.

$$\text{Formel 3} \Rightarrow n(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V(\text{Lsg}) = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,25 \text{L} = 0,5 \text{mol}$$

$$\text{Formel 1} \Rightarrow m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0,5 \text{mol} \cdot 58,4425 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 29,221 \text{g}$$

Nun berücksichtigt man zum Schluss, dass nicht reines NaCl zur Verfügung steht, sondern nur verunreinigtes. Es muss mehr Ausgangsstoff eingewogen werden. Das lässt sich entweder mit dem Dreisatz oder der Formel berechnen.

$$\text{Formel 8} \Rightarrow m_{\text{gesamt}} = \frac{m(\text{NaCl})}{w(\text{NaCl})} \approx \frac{29,221 \text{g}}{0,885} \approx 33,02 \text{g Viehsalz}$$

ALTERNATIVE: DREISATZ

88,25 % A 29,221 g

100 % A x  $\Rightarrow x = 33,02 \text{g Viehsalz}$

## 2.5

Es wird berechnet, welche Masse reines KOH in der Lösung enthalten ist.

$$\text{Formel 3} \Rightarrow n(\text{KOH}) = c(\text{KOH}) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,8 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,5 \text{L} = 0,4 \text{mol}$$

$$\text{Formel 1} \Rightarrow m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH}) = 0,4 \text{mol} \cdot 56,1056 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 22,442 \text{g}$$

Da die Masse des verunreinigten KOHs bekannt ist, kann der Massenanteil  $w(\text{KOH})$  leicht berechnet werden.

$$\text{Formel 8} \Rightarrow w(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{m_{\text{gesamt}}} = \frac{22,44\text{g}}{30\text{g}} \approx 0,748 \text{ (74,8\%)}$$

2.6

Er wird berechnet, welche Masse reines  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  eingesetzt werden müsste.

$$\text{Formel 4} \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \beta(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{Lsg}) = 1 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,4\text{L} = 0,4\text{g}$$

Nun wird berücksichtigt, dass nur ein verunreinigter Ausgangsstoff zur Verfügung steht, so dass entsprechend mehr eingewogen werden muss:

$$\text{Formel 8} \Rightarrow m_{\text{gesamt}} = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{w(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = \frac{0,4\text{g}}{0,92} \approx 0,435\text{g Ausgangsstoff}$$

2.7

Zuerst wird berechnet, welche Stoffmenge  $\text{Mn}^{2+}$  in der Lösung enthalten sein soll.

$$\text{Formel 3} \Rightarrow n(\text{Mn}^{2+}) = c(\text{Mn}^{2+}) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 5\text{L} = 2,5\text{mol}$$

Nun wird berechnet, welche Stoffmenge und welche Masse reines  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  hierfür erforderlich wäre.

Jedes Teilchen  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  liefert genau 1  $\text{Mn}^{2+}$ .  $\Rightarrow n(\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \approx n(\text{Mn}^{2+}) \approx 2,5\text{ mol}$

$$\text{Formel 1} \Rightarrow m(\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) \approx 2,5\text{mol} \cdot 241,078 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 602,695\text{g}$$

Nun wird berücksichtigt, dass nur ein verunreinigter Ausgangsstoff zur Verfügung steht, so dass entsprechend mehr eingewogen werden muss:

$$\text{Formel 8} \Rightarrow m_{\text{gesamt}} = \frac{m(\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{w(\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{602,695\text{g}}{0,785} \approx 767,8\text{g Ausgangsstoff}$$