

## 1. Basisaufgaben

- 1.1 Welche Volumina einer 0,15M-NaCl-Lösung und einer 0,5M-NaCl-Lösung müssen gemischt werden, um 250 mL einer 0,4M-Lösung herzustellen?
- 1.2 Aus 0,7 M  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ -Stammlösung und  $\text{H}_2\text{O}$  sollen **a)** 10 mL mit  $c = 0,3 \text{ mol/L}$  UND **b)** 15 mL mit  $c = 0,1 \text{ mol/L}$  hergestellt werden. Berechnen Sie die erforderlichen Volumina an Stammlösung und Wasser.
- 1.3 Aus einer Glucose-Stammlösung der Konzentration  $\beta = 20 \text{ g/L}$  sollen **a)** 100 mL mit  $\beta = 0,18 \text{ g/L}$  UND **b)** 650 mL mit  $\beta = 19 \text{ g/L}$  hergestellt werden. Berechnen Sie die erforderlichen Volumina an Stammlösung.
- 1.4 Die Acetat-Konzentration einer Pufferkonzentrats beträgt 500 mmol/L. Beschreiben Sie die einzelnen Arbeitsschritte um 80 mL mit der Stoffmengenkonzentration von 150 mmol/L herzustellen.
- 1.5 40 mL einer Lösung mit der  $\text{CuCl}_2$ -Konzentration  $c = 0,6 \text{ mol/L}$  werden mit 50 mL Wasser gemischt. Berechnen Sie die Endkonzentration  $c(\text{CuCl}_2)$ . Wie hoch ist die Konzentration  $c(\text{Cl}^-)$  vor und nach verdünnen?
- 1.6 Aus einer Zuckerlösung mit dem Massenanteil  $w(\text{Zucker}) = 10\%$  sollen durch Verdünnen 100 g einer 2,1%igen Zuckerlösung hergestellt werden.
- a) Berechnen Sie die erforderlichen Massen an Wasser und Stammlösung.
- b) Welchen Massenanteil wird erreicht, wenn 15 g der Stammlösung mit 50 g  $\text{H}_2\text{O}$  gemischt wurden?
- 1.7 Eine Medikamentenlösung (Lösung A) enthält 5 g/L Glucose und 20 mg/L einer Wirkstoffs. Eine andere Medikamentenlösung (Lösung B) enthält 1,5 g/L Glucose und 70 mg/L Wirkstoff.
- a) In welchen Volumenverhältnissen müssen A und B gemischt werden um 200 mL einer Lösung mit 3,0 g/L Glucose herzustellen (Lösung C) ?
- b) Welche Wirkstoffkonzentration besitzt die Lösung C?
- 1.8 Wie viel Gramm **a)** Calciumchlorid und **b)** Calciumchlorid-Dihydrat müssen zu 350 g einer 5%igen  $\text{CaCl}_2$ -Lösung gegeben werden, damit jeweils eine 6%ige  $\text{CaCl}_2$ -Lösung entsteht?
- 1.9 In einem Zellkulturlabor wird eine Zellsuspension 1:20 verdünnt und danach in einer NEUBAUER-Zählkammer unter dem Mikroskop die Anzahl der Zellen bestimmt. In einem Quader mit der 0,2 mm Breite, 0,2 mm Länge und 0,1 mm Höhe wurde die Zellzahl  $N = 78$  bestimmt.
- a) Berechnen Sie die Zellzahl in der unverdünnten Suspension (in  $\text{mL}^{-1}$ )
- b) Welches Volumen der Suspension benötigen Sie um 10 mL einer Zellkultur mit  $3 \cdot 10^7$  Zellen pro Milliliter herzustellen?
- 1.10 Welches Volumen Wasser müssen aus 500 mL einer Kochsalzlösung ( $c = 1,8 \text{ mol/L}$ ) abdestilliert werden um eine Salzlösung mit  $c = 2,5 \text{ mol/L}$  zu erhalten?
- 1.11 250 mL einer Natriumsulfatlösung ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) mit  $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ mol/L}$  sollen mit einer 1-M-NaCl-Lösung so gemischt werden, dass eine Lösung mit  $c(\text{Na}^{2+}) = 0,5 \text{ mol/L}$  entstehen.
- a) Berechnen Sie das benötigte Volumen NaCl-Lösung.
- b) Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration  $c(\text{Cl}^-)$  der Lösung.
- 1.12 Wie viel technisches Soda mit  $w(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}) = 95\%$  müssen zu 500 g 5%iger  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Lösung gegeben werden um eine 8%ige  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Lösung zu erhalten?
- 1.13 50 mL einer Medikamentenlösung mit  $c(\text{Med}) = 100 \text{ }\mu\text{M}$ , werden mit 80 mL mit  $c(\text{Med}) = 500 \text{ }\mu\text{M}$  und 100 mL mit  $c(\text{Med}) = 150 \text{ }\mu\text{M}$  gemischt. Berechnen Sie  $c(\text{Med})$  in der entstehenden Lösung.
- 1.14 Aus einer 0,5-M- $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -Lösung sollen 2 Liter einer Lsg. mit  $\beta(\text{Na}^+) = 5 \text{ g/L}$  hergestellt werden. Wie gehen Sie vor?
- 1.15 1,5 g Natriumphosphat werden zu 100 mL einer Natriumphosphat-Lösung mit  $\beta(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 5 \text{ g/L}$  gegeben. Welchen Gehalt hat die Lösung schätzungsweise? Warum ist die Gehaltsangabe mit (großen) Fehlern behaftet?

- 1.16** Aus *Sapropterin-Dihydrochlorid* (*Sapr·2HCl*) soll eine Stammlösung angesetzt werden, aus der dann jeweils 10 mL folgender *Verdünnungen* hergestellt werden: 110 mg/L, 220 mg/L, 330 mg/L und 440 mg/L. Die zu pipettierenden Volumina sollen 500  $\mu$ L oder Vielfache davon sein. Welche  $\beta$ (*Sapropterin*) muss die Stammlösung haben? Welches Volumen der Stammlsg. würden Sie herstellen? Wie wird die gewünschte Lösung aus *Sapropterin-Dihydrochlorid* (*Sapr·2HCl*) hergestellt. Molare Masse der freien Base, also ohne HCl:  $M(\text{Sapr}) = 241,25 \text{ g/mol}$
- 1.17** 500 g einer Kochsalzlösung besitzen einen Wasseranteil von 99%. Wie viel Wasser muss verdampft werden, damit der Massenanteil des Wassers auf 98% sinkt?
- 1.18** 1,5 L einer Proteinlösung mit einem Massenanteil von  $w(\text{Protein}) = 2,5 \%$  und der Dichte  $\rho = 1,03 \text{ kg/L}$  werden 400 Gramm Wasser entzogen. Berechnen Sie den Massenanteil des entstehenden Konzentrats (*ähnlich einer Prüfungsaufgabe aus der Abschlussprüfung Teil 1 für BL, Sommer 2015*).
- 1.19** 20 mL eine Bakteriensuspension besitzt eine Gesamtzellzahl von  $N = 1,4$  Milliarden. Welches Volumen an Medium muss zugesetzt werden, damit der Zellgehalt auf  $z = 350000$  Zellen pro Milliliter eingestellt wird? (*ähnlich einer Prüfungsaufgabe CBL Abschlussprüfung Teil 1, Sommer 2017*)

Aufgabenüberschuss (z.B. aus Klassenarbeiten und Prüfungen) – noch mehr Aufgaben u.U. in online-Version dieses Blatts

**2.1** 20 g Calciumchlorid ( $\text{CaCl}_2$ ) wurden mit 100 g  $\text{H}_2\text{O}$  gelöst. Die Lösung nimmt ein Volumen von 111,5 mL ein. (*Klassenarbeit C1BL. 2017*)

- Welche Masse Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ ) muss zur Lösung gegeben werden, damit der Chloridgehalt auf  $w(\text{Cl}^-) = 15\%$  steigt?
- Die Ausgangslösung soll so mit  $\text{H}_2\text{O}$  verdünnt werden, dass 100 mL mit  $c(\text{Ca}^{2+}) = 250 \text{ mmol/L}$  entstehen. Wie geht man in der Praxis vor?

**2.2** Aus einer Lithiumcitrat-Stammlösung solle 5 Verdünnungen mit jeweils 200 mL hergestellt werden. Die 5 Verdünnungen sollen den Bereich bis  $\beta(\text{Li}^+) = 175 \text{ mg/L}$  gleichmäßig abdecken. Zum Pipettieren stehen ausschließlich 25-mL-Vollpipetten zur Verfügung. (*Klassenarbeit C1BL. 2017*)

- Welche Konzentration  $\beta(\text{Li}^+)$  muss die Stammlösung haben und wie werden die einzelnen Verdünnungen hergestellt?
- Wie wird die Stammlösung aus Lithiumcitrat hergestellt, wenn Sie einen Überschuss einplanen, um auf den nächstgrößeren üblichen Messkolben zurückgreifen zu können. Hinweis:  $M(\text{Li}_3\text{Cit}) = 209,923 \text{ g/mol}$ .

**2.3** Durch Mischen von 170 Gramm einer 15%igen Phosphorsäurelösung ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) mit 50 Gramm einer zweiten Phosphorsäurelösung, soll der Gehalt auf  $w(\text{H}_3\text{PO}_4) = 17,5\%$  steigen.

- Welchen Massenanteil muss die zweite Lösung besitzen?
- Auch durch Abdampfen von Wasser aus der ersten Lösung lässt sich der gewünschte Gehalt einstellen. Wie viel Wasser muss verdampft werden?
- Berechnen Sie Phosphat-Massenkonzentration  $\beta(\text{PO}_4^{3-})$  der ersten Lösung ( $w(\text{H}_3\text{PO}_4) = 15\%$ ), wenn die Dichte  $\rho(\text{Lsg}) = 1,0824 \text{ kg/L}$  beträgt.

**2.4** Eine Isopropanollösung besitzt die Volumenkonzentration  $\sigma(\text{Isoprop}) = 25\%$ . Wie werden daraus 3 Liter einer Verdünnung mit  $\sigma(\text{Isoprop}) = 4\%$  hergestellt? (*ähnlich einer Prüfungsaufgabe CBL Abschlussprüfung Teil 1, Sommer 2018*)

Lösungen ohne Gewähr – Ausführliche Lösungswege unter [www.laborberufe.de](http://www.laborberufe.de)

**1.1** **1.2a)** 4,29 mL; **1.2b)** 2,14 mL; **1.3a)** 0,9 mL; **1.3b)** 617,5 mL; **1.4)** 24 mL; **1.5)** 0,267 mol/L;  $c(\text{Cl}^-) = 0,533 \text{ mol/L}$ ; **1.6a)**  $m(\text{Stamm}) = 21 \text{ g}$ ; **1.6b)** 2,31%; **1.7a)**  $V_A = 85,71 \text{ mL}$ ,  $V_B = 114,29 \text{ mL}$ ; **1.7b)** 48,57 mg/L; **1.8a)** 3,723 g; **1.8b)** 5,037g; **1.9a)** 390 Mio/mL; **1.9b)** 0,769 mL **1.10)** 140 mL **1.11a)** 150 mL; **1.11b)** 0,375 mol/L; **1.12)** 55,17 g; **1.13)** 260,9  $\mu\text{M}$ ; **1.14)** 434,9 mL; **1.15)** ca. 20 g/L; **1.16)** 2200  $\mu\text{g/L}$ , 28,6 mg für 10 mL; **1.17)** 250 g; **1.18)** 3,37% **2.1a)** 11,43 g; **2.1b)** 15,47 mL Konzentrat ad 100 mL; **2.2a)** Stamm: 280 mg/L, Lsg1: 25 mL ad 200 mL Lsg2: 2x25 mL ad 200 mL etc. **2.2b)** z.B. 1,411 g  $\text{Li}_3\text{Cit}$  ad 500 mL; **2.3a)** 26% **2.3b)** 24,3 g **2.3c)** 157,39 g/L; **2.4)** 0,4 L ad 3 L

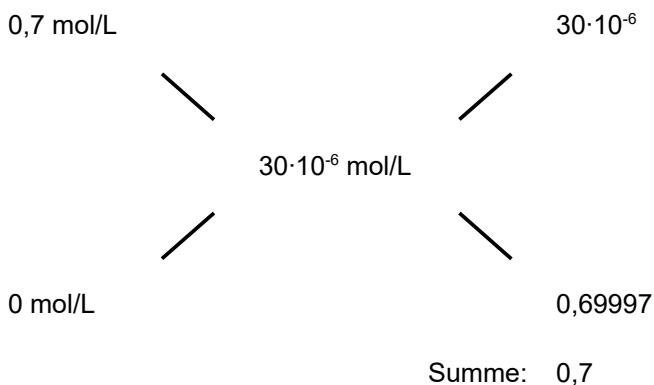


0,1 mL Stammlösung + 0,6 mL H<sub>2</sub>O ergeben  
 0,7 mL der gewünschten Lösung.  
 Hochrechnung auf 15 mL über den Dreisatz:

$$V(\text{Stammlösung}) = \frac{0,1\text{mL}}{0,7\text{mL}} \cdot 15\text{mL} \approx 2,14\text{mL}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = V_{\text{gesamt}} - V(\text{Stammlösung}) = 15\text{mL} - 2,14\text{mL} = 12,86\text{mL}$$

b) 15 mL mit c = 0,1 mol/L



30 · 10<sup>-6</sup> mL Stammlösung + 0,69997 mL H<sub>2</sub>O ergeben 0,7 mL der gewünschten Lösung. Hochrechnung auf 5000 mL über den Dreisatz:

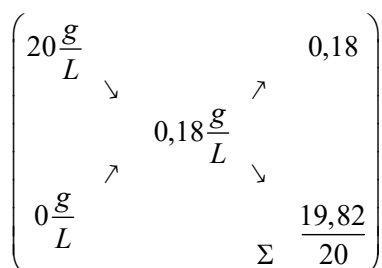
$$V(\text{Stammlösung}) = \frac{30 \cdot 10^{-6} \text{mL}}{0,69997 \text{mL}} \cdot 5000 \text{mL} \approx 0,214 \text{mL}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = V_{\text{gesamt}} - V(\text{Stammlösung}) = 5000 \text{mL} - 0,214 \text{mL} = 4999,786$$

Die Lösung wird besser über eine Verdünnungsreihe hergestellt, dann müssen nicht so kleine Volumina pipettiert werden.

Nr. 1.3

**a) Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz**



0,18 mL Stammlösung auf 20 mL mit H<sub>2</sub>O aufgefüllt,  
 ergeben die gewünschte Lösung. Hochrechnung auf  
 100 mL über den Dreisatz:

$$V(\text{Stammlösung}) = \frac{100\text{mL}}{20\text{mL}} \cdot 0,18\text{mL} = 0,9\text{mL}$$

**Lösungsweg mit Mischungsgleichung**

Mischungsgleichung mit H<sub>2</sub>O als Komponente:

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_M \cdot V_M$$

$$\Rightarrow 20,0 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot V_1 = 0,18 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,1\text{L} \Rightarrow V_1 0,0009\text{L} = 0,9\text{mL}$$

**b) Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz**

**Lösungsweg mit Mischungsgleichung**

$$\left( \begin{array}{ccc} 20 \frac{\text{g}}{\text{L}} & & 19 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 19 \frac{\text{g}}{\text{L}} & \\ & \nearrow & \searrow \\ 0 \frac{\text{g}}{\text{L}} & & 1 \\ & \Sigma & 20 \end{array} \right)$$

Mischungsgleichung mit H<sub>2</sub>O als Komponente:

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_M \cdot V_M$$

$$\Rightarrow 20,0 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot V_1 = 19 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 650 \text{mL} \Rightarrow V_1 = 617,5 \text{mL}$$

19 mL Stammlösung auf 20 mL Gesamtlösung ergeben die gewünschte Massenkonzentration. Hochrechnung auf 650 mL über den Dreisatz:

$$V(\text{Stammlösung}) = \frac{650 \text{mL}}{20 \text{mL}} \cdot 19 \text{mL} = 617,5 \text{mL}$$

Nr. 1.4

**Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz**

$$\left( \begin{array}{ccc} 500 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} & & 150 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 150 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} & \\ & \nearrow & \searrow \\ 0 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} & & 350 \\ & \Sigma & 500 \end{array} \right)$$

**Lösungsweg mit Mischungsgleichung**

Mischungsgleichung mit H<sub>2</sub>O als Komponente:

$$c_1 \cdot V_1 = c_M \cdot V_M$$

$$\Rightarrow 500 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \cdot V_1 = 150 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \cdot 80 \text{mL} \Rightarrow V_1 = 24 \text{mL}$$

150 mL Stammlösung auf 500 mL Gesamtlösung ergeben die gewünschte Massenkonzentration. Berechnung für 80 mL Gesamtvolumen über den Dreisatz:

$$V(\text{Stammlösung}) = \frac{80 \text{mL}}{500 \text{mL}} \cdot 150 \text{mL} = 24 \text{mL}$$

150 mL Stammlösung werden in einem Messkolben auf 500 mL Gesamtvolumen aufgefüllt.

Nr. 1.5

Mischungsgleichung mit H<sub>2</sub>O als Komponente:

$$c_1 \cdot V_1 = c_M \cdot V_M \text{ bzw.}$$

$$\Rightarrow c_1 \cdot V_1 = c_M \cdot (V_1 + V_2) \text{ (Bei Mischung wässriger Lösungen kann die Volumenkontraktion vernachlässigt werden).}$$

$$\Rightarrow c_M = \frac{c_1 \cdot V_1}{(V_1 + V_2)} \Rightarrow c_M = \frac{0,6 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 40 \text{mL}}{90 \text{mL}} \approx 0,267 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Die Verhältnisformel des Salzes zeigt, dass bei der Lösung von einer CuCl<sub>2</sub>-Formeleinheit die Bildung von 1 Cu<sup>2+</sup> und 2 Cl<sup>-</sup>-Ionen entstehen.

$$\text{Vor Verdünnen: } c(\text{CuCl}_2) = 0,6 \text{ mol/L} \Rightarrow c(\text{Cu}^{2+}) = 0,6 \text{ mol/L}; c(\text{Cl}^-) = 1,2 \text{ mol/L}$$

$$\text{Nach Verdünnen: } c(\text{CuCl}_2) = 0,267 \text{ mol/L} \Rightarrow c(\text{Cu}^{2+}) = 0,267 \text{ mol/L}; c(\text{Cl}^-) = 0,533 \text{ mol/L}$$

Nr. 1.6

**Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz**

**Lösungsweg mit Mischungsgleichung**

$$\begin{pmatrix} 10\% & & 2,1 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 2,1\% & \\ 0\% & \nearrow & \searrow \\ & & \Sigma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \\ \\ 7,9 \\ 10 \end{pmatrix}$$

2,1 g Stammlösung und 7,9 g H<sub>2</sub>O ergeben den gewünschten Massenanteil (w = 2,1%). Hochrechnung auf 100 g Lösung über den Dreisatz:

$$m(\text{Stammlösung}) = \frac{100\text{g}}{10\text{g}} \cdot 2,1\text{g} = 21\text{g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100\text{g} - 21\text{g} = 79\text{g}$$

6b)

$$w_1 \cdot m_1 = w_M \cdot m_M \text{ bzw. } w_1 \cdot m_1 = w_M \cdot (m_1 + m_2) \Rightarrow w_M = \frac{w_1 \cdot m_1}{(m_1 + m_2)} \Rightarrow w_M = \frac{10\% \cdot 15\text{g}}{65\text{g}} \approx 2,31\%$$

Nr. 1.7

a)

**Lösungsweg mit Mischungskreuz und Lösungsweg mit Mischungsgleichung**

**Dreisatz**

$$\begin{pmatrix} 5 \frac{\text{g}}{\text{L}} & & 1,5 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 3,0 \frac{\text{g}}{\text{L}} & \\ & \nearrow & \searrow \\ 1,5 \frac{\text{g}}{\text{L}} & & \frac{2}{3,5} \\ & & \Sigma \end{pmatrix}$$

1,5 mL A und 2 mL B ergeben 3,5 mL des gewünschten Gehalts. Hochrechnung über Dreisatz:

$$V_A(\text{Gluc}) = \frac{200\text{mL}}{3,5\text{mL}} \cdot 1,5\text{mL} \approx 85,71\text{mL}$$

$$V_B(\text{Gluc}) = 200\text{mL} - 85,71\text{mL} \approx 114,29\text{mL}$$

Mischungsgleichung mit H<sub>2</sub>O als Komponente:

$$w_1 \cdot m_1 = w_M \cdot m_M$$

$$\Rightarrow 10\% \cdot m_1 = 2,1\% \cdot 100\text{g} \Rightarrow m_1 = 21\text{g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 100\text{g} - 21\text{g} = 79\text{g}$$

$$\text{Mischungsgleichung: } \beta_A \cdot V_A + \beta_B \cdot V_B = \beta_C \cdot V_C$$

$$\beta_A \cdot V_A + \beta_B \cdot V_B = \beta_C \cdot (V_A + V_B)$$

$$\Rightarrow \beta_A \cdot V_A + \beta_B \cdot V_B = \beta_C \cdot V_A + \beta_C \cdot V_B$$

$$\Rightarrow \beta_A \cdot V_A - \beta_C \cdot V_A = \beta_C \cdot V_B - \beta_B \cdot V_B$$

$$\Rightarrow (\beta_A - \beta_C) \cdot V_A = (\beta_C - \beta_B) \cdot V_B$$

$$\Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{(\beta_C - \beta_B)}{(\beta_A - \beta_C)} \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{(3 \frac{\text{g}}{\text{L}} - 1,5 \frac{\text{g}}{\text{L}})}{(5 \frac{\text{g}}{\text{L}} - 3 \frac{\text{g}}{\text{L}})} = \frac{1,5}{2}$$

Die Volumenverhältnis beträgt V<sub>A</sub>:V<sub>B</sub> = 1,5 : 2. ⇒ Hochrechnung auf 200 mL: **siehe links**

ALTERNATIV: Auch die direkte Berechnung von V<sub>A</sub> und V<sub>B</sub> ist möglich:

$$\text{Mischungsgleichung: } \beta_A \cdot V_A + \beta_B \cdot V_B = \beta_C \cdot V_C$$

$$\Rightarrow \beta_A \cdot V_A + \beta_B \cdot (V_C - V_A) = \beta_C \cdot V_C$$

$$\Rightarrow \beta_A \cdot V_A + \beta_B \cdot V_C - \beta_B \cdot V_A = \beta_C \cdot V_C$$

$$\Rightarrow \beta_A \cdot V_A - \beta_B \cdot V_A = \beta_C \cdot V_C - \beta_B \cdot V_C$$

$$\Rightarrow (\beta_A - \beta_B) \cdot V_A = \beta_C \cdot V_C - \beta_B \cdot V_C$$

$$\Rightarrow V_A = \frac{\beta_C \cdot V_C - \beta_B \cdot V_C}{\beta_A - \beta_B} = \frac{3 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 200 \text{mL} - 1,5 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 200 \text{mL}}{5 \frac{\text{g}}{\text{L}} - 1,5 \frac{\text{g}}{\text{L}}} \approx 85,71 \text{mL}$$

$$\Rightarrow V_B(\text{Gluc}) = 200 \text{mL} - 85,71 \text{mL} \approx 114,29 \text{mL}$$

7b)

$$\beta_A \cdot V_A + \beta_B \cdot V_B = \beta_C \cdot V_C \Rightarrow \beta_C = \frac{\beta_A \cdot V_A + \beta_B \cdot V_B}{V_C} \Rightarrow \beta_C = \frac{20 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 0,08571 \text{L} + 70 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 0,11429 \text{L}}{0,2 \text{L}} \approx 48,57 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Nr. 1.8

Mischungsgleichung:  $w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_M \cdot m_M \Rightarrow w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_M \cdot (m_1 + m_2) \Rightarrow$

$$w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_M \cdot m_1 + w_M \cdot m_2 \Rightarrow w_2 \cdot m_2 - w_M \cdot m_2 = w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1 \Rightarrow (w_2 - w_M) \cdot m_2 = w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1 \Rightarrow$$

$$m_2 = \frac{w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1}{w_2 - w_M}$$

a) Für reines  $\text{CaCl}_2$ :  $w_2 = 100\%$ .

$$m_2 = \frac{w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1}{w_2 - w_M} \Rightarrow$$

$$m_2 = \frac{6\% \cdot 350 \text{g} - 5\% \cdot 350 \text{g}}{100\% - 6\%} \approx 3,723 \text{g}$$

b) Für  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Der Massenteil von  $\text{CaCl}_2$  in  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ergibt sich aus dem Verhältnis der molaren Massen:

$$w(\text{CaCl}_2) = \frac{M(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})} = \frac{110,983 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{147,014 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,7549 \hat{=} 75,49\%$$

$$m_2 = \frac{w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1}{w_2 - w_M} \Rightarrow m_2 = \frac{6\% \cdot 350 \text{g} - 5\% \cdot 350 \text{g}}{75,49\% - 6\%} \approx 5,037 \text{g}$$

Nr. 1.9

$$V(\text{Quader}) = 0,2 \text{mm} \cdot 0,2 \text{mm} \cdot 0,1 \text{mm} = 0,004 \text{mm}^3 = 0,004(0,1 \text{cm})^3 = 0,004 \cdot 0,1^3 \cdot \text{cm}^3 = 4 \cdot 10^{-6} \text{cm}^3 = 4 \cdot 10^{-6} \text{mL}$$

$$\text{a) } c = \frac{\text{Zellzahl}}{\text{Volumen}} \cdot \text{Verdünnungsfaktor} = \frac{78}{4 \cdot 10^{-6} \text{mL}} \cdot 20 = 390 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{mL}}$$

b) Mischungsgleichung mit  $\text{H}_2\text{O}$  als Komponente:

$$c_1 \cdot V_1 = c_M \cdot V_M \Rightarrow V_1 = \frac{c_M \cdot V_M}{c_1} \Rightarrow V_1 = \frac{3 \cdot 10^7 \text{mL}^{-1} \cdot 10 \text{mL}}{390 \cdot 10^6 \text{mL}^{-1}} \approx 0,769 \text{mL}$$

Nr. 1.10

Mischungsgleichung: Aufkonzentrieren von Wasser ist mathematisch gesehen ein „negatives Verdünnen“:  $\Rightarrow$  Mischungsgleichung:

$$c_{\text{Verdünt}} \cdot V_{\text{Verdünt}} = c_{\text{Konzentrat}} \cdot V_{\text{Konzentrat}} \Rightarrow V_{\text{Konzentrat}} = \frac{c_{\text{Verdünt}} \cdot V_{\text{Verdünt}}}{c_{\text{Konzentrat}}} \Rightarrow V_{\text{Konzentrat}} = \frac{1,8 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 500 \text{mL}}{2,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 360 \text{mL}$$

Es müssen abdestilliert werden:  $V = 500 - 360 \text{mL} = 140 \text{mL}$

Nr. 1.11

$$c_1(\text{Na}^+) = 0,2 \text{ mol/L}; \text{ (da Na}_2\text{SO}_4\text{)}$$

$$c_2(\text{Na}^+) = 1 \text{ mol/L}$$

a)

**Lösungsweg mit Mischungskreuz und Lösungsweg mit Mischungsgleichung**

**Dreisatz**

$$\left( \begin{array}{ccc} 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} & & 0,5 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} & \\ & \nearrow & \searrow \\ 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} & & 0,3 \\ & \Sigma & 0,8 \end{array} \right)$$

$$V_2:V_1 = 0,3:0,5 \Rightarrow V_2 = (0,3:0,5) \cdot V_1 \Rightarrow$$

$$V_2 = (0,3:0,5) \cdot 250 \text{ mL} = 150 \text{ mL}$$

$$\text{Mischungsgleichung: } c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_M \cdot V_M$$

$$\Rightarrow c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_M \cdot (V_1 + V_2) \Rightarrow c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_M \cdot V_1 + c_M \cdot V_2$$

$$\Rightarrow c_2 \cdot V_2 - c_M \cdot V_2 = c_M \cdot V_1 - c_1 \cdot V_1 \Rightarrow (c_2 - c_M) \cdot V_2 = c_M \cdot V_1 - c_1 \cdot V_1$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{c_M \cdot V_1 - c_1 \cdot V_1}{c_2 - c_M} \Rightarrow$$

$$V_2 = \frac{0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,25 \text{ L} - 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,25 \text{ L}}{1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} - 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 0,15 \text{ L} = 150 \text{ mL}$$

250 mL Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung müssen mit 150 mL NaCl-Lösung gemischt werden.

b) c<sub>1</sub>(Cl<sup>-</sup>) 0 mol/L. In der Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung befinden sich keine Cl<sup>-</sup>-Ionen.

$$c_2(\text{Cl}^-) = 1 \text{ mol/L}$$

$$\text{Mischungsgleichung: } c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_M \cdot V_M \Rightarrow c_M = \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2}{V_M} = \frac{0 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,25 \text{ L} + 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,15 \text{ L}}{0,4 \text{ L}} = 0,375 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Nr. 1.12

Massenanteil von Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> in chemisch reinem Soda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · 10 H<sub>2</sub>O):

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} = \frac{105,989 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{286,142 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,3704$$

Berücksichtigen des technischen Charakters (95%):  $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,3704 \cdot 0,95 \approx 0,3519 \approx 35,19\%$



## Lösungsweg mit Mischungskreuz und Lösungsweg mit Mischungsgleichung

### Dreisatz

$$\left( \begin{array}{ccc} 5\% & \searrow & 27,19 \\ & 8\% & \nearrow \\ 35,19\% & \nearrow & \searrow \\ & \Sigma & 30,19 \end{array} \right)$$

$$m_2:m_1 = 3:27,19 \Rightarrow m_2 = (3:27,19) \cdot m_1 \Rightarrow$$

$$m_2 = (3:27,19) \cdot 500g = 55,17g$$

$$w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_M \cdot m_M \Rightarrow w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_M \cdot (m_1 + m_2) \Rightarrow$$

$$w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_M \cdot m_1 + w_M \cdot m_2 \Rightarrow w_2 \cdot m_2 - w_M \cdot m_2 = w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1$$

$$\Rightarrow (w_2 - w_M) \cdot m_2 = w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1 \Rightarrow m_2 = \frac{w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1}{w_2 - w_M}$$

$$m_2 = \frac{8\% \cdot 500g - 5\% \cdot 500g}{35,19\% - 8\%} \approx 55,17g$$

Nr. 1.13

Mischungsgleichung für 3 Komponenten

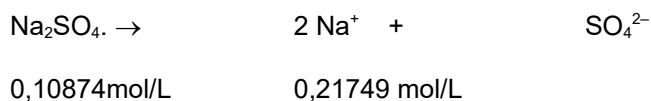
$$c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 + c_3 \cdot V_3 = c_M \cdot V_M \Rightarrow \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 + c_3 \cdot V_3}{V_M} = c_M \Rightarrow$$

$$c_M = \frac{100\mu M \cdot 50mL + 500\mu M \cdot 80mL + 150\mu M \cdot 100mL}{230mL} \approx 260,9\mu M$$

Nr. 1.14

$$c(Na^+) = \frac{\beta(Na^+)}{M(Na^+)} \Rightarrow c(Na^+) = \frac{5 \frac{g}{L}}{22,990 \frac{g}{mol}} \approx 0,21749 \frac{mol}{L}$$

Aus der Verhältnisformel des Salzes geht hervor, dass eine Formeleinheit 2 Na<sup>+</sup>-Ionen liefert, d.h. die Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Konzentration muss halb so groß, wie die gewünschte Na<sup>+</sup>-Konzentration gewählt werden:



### Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz

$$\left( \begin{array}{ccc} 0,5 \frac{mol}{L} & \searrow & 0,10874 \\ & 0,10874 \frac{mol}{L} & \nearrow \\ 0 \frac{mol}{L} & \nearrow & \searrow \\ & \Sigma & 0,5 \end{array} \right)$$

0,10874 mL Stammlösung auf 0,5 mL mit H<sub>2</sub>O aufgefüllt, ergeben die gewünschte Lösung.

Hochrechnung auf 2000 mL über den Dreisatz:

$$V(\text{Stammlösung}) = \frac{2000mL}{0,5mL} \cdot 0,10874mL = 434,9mL$$

434,9 mL werden in einen 2000mL-Messkolben pipettiert und mit H<sub>2</sub>O bis zur Marke aufgefüllt.

### Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Mischungsgleichung mit H<sub>2</sub>O als Komponente:

$$c_1 \cdot V_1 = c_M \cdot V_M$$

$$\Rightarrow 0,5 \frac{mol}{L} \cdot V_1 = 0,10874 \frac{mol}{L} \cdot 2000mL \Rightarrow V_1 = 434,9mL$$

Nr. 1.15

Löst man 1,5 g  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  in 100 mL einer  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ -Lösung, so verändert sich das Volumen (**Volumenkontraktion, Volumendilatation**). Das Volumen nach Mischen ist also nicht mehr 100 mL, sondern liegt leicht darüber oder darunter. Geht man für die Schätzung davon aus, dass sich das Volumen nicht ändert, so kann man berechnen:

In 100 mL der ursprünglichen Lösung sind enthalten. 0,5 g  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Es werden weitere 1,5 g  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dazugegeben.  
 $\Rightarrow m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,5 \text{ g} + 1,5 \text{ g} = 2 \text{ g} \Rightarrow \beta \approx 2 \text{ g}/100 \text{ mL}$  bzw.  $\beta \approx 20 \text{ g/L}$ . Es handelt sich jedoch nur um eine grobe Schätzung.

**Die Volumenkontraktion bzw. Volumendilatation kann in der Regel vernachlässigt werden, wenn wässrige Lösungen (oder Wasser) miteinander gemischt werden. Sie kann nicht vernachlässigt werden, wenn feste Stoffe zur Herstellung der Lösung eingesetzt werden.**

Nr. 1.16

Die dünnste der Verdünnungen, soll entstehen, indem man 500  $\mu\text{L}$  der Stammlösung auf 10 mL Gesamtvolumen verdünnt. Mit der Mischungsgleichung lässt sich berechnen, wie hoch  $\beta$  der Stammlösung sein muss:

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_M \cdot V_M \Rightarrow \beta_1 \cdot 0,5 \text{ mL} = 110 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 10 \text{ mL} \Rightarrow \beta_1 = 2200 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad \text{[Gehalt der Stammlösung]}$$

Pipettierschema:

$\beta$ (Sapropterin)	V(Stammlsg.)	Gesamtvolumen
110	500 $\mu\text{L}$	10 mL
220	1000 $\mu\text{L}$	10 mL
330	1500 $\mu\text{L}$	10 mL
440	2000 $\mu\text{L}$	10 mL

Benötigtes Gesamtvolumen an Stammlösung: 5000  $\mu\text{L}$ . Mit Reserve also z.B. 10 mL herstellen – eine gängige Messkolbengröße.

Wenn pro Liter 2200 mg Wirkstoff enthalten sein sollen, dann sind in 10 mL insgesamt 22 mg Wirkstoff enthalten. Das sind 0,0911917 millimol *Sapropterin*. Es werden also auch 0,0911917 millimol *Sapropterin-Dihydrochlorid* benötigt, da pro Teilchen *Sapropterin-Dihydrochlorid* auch 1 Teilchen Sapropterin enthalten ist. Da die molare Masse von *Sapropterin-Dihydrochlorid*  $241,25 \text{ g/mol} + 2 \cdot 36,46 \text{ g/mol} = 314,17 \text{ g/mol}$  beträgt, werden 28,6 mg *Sapropterin-Dihydrochlorid* benötigt.

Nr. 1.17

Mit anderen Worten: Wie viel Wasser muss entfernt werden um den Massenanteil an NaCl von  $w = 1\%$  auf  $w=2\%$  zu erhöhen.

$$\text{Mischungsgleichung. } m_1 \cdot w_1 = m_2 \cdot w_2 \Rightarrow 500 \text{ g} \cdot 1\% = m_2 \cdot 2\% \Rightarrow m_2 = 250 \text{ g}$$

Es müssen also 250 g Wasser entfernt werden.

Nr. 1.18

Mit der Dichte kann man berechnen, dass die Anfangslösung 1545 Gramm wiegt.

$$m_1 \cdot w_1 = m_2 \cdot w_2 \Rightarrow 1545 \text{ g} \cdot 2,5\% = 1145 \text{ g} \cdot w_2 \Rightarrow w_2 \approx 3,37\%$$

Nr. 2.1

**a) Chloridgehalt der Ausgangslösung:**

20 g CaCl<sub>2</sub> sind  $n = \frac{m}{M} = \frac{20 \text{ g}}{110,983 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,18021 \text{ mol}$  Da 1 CaCl<sub>2</sub>-Teilchen 2 Cl<sup>-</sup>-Ionen besitzt gilt:

$$\Rightarrow n(\text{Cl}^-) = 0,18021 \text{ mol} \cdot 2 \approx 0,36042 \text{ mol} \Rightarrow m(\text{Cl}^-) = 0,36042 \text{ mol} \cdot 35,453 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 12,778 \text{ g}$$

$$w(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{m(\text{Lsg})} \approx \frac{12,778 \text{ g}}{120 \text{ g}} \approx 0,1065 \quad (10,65 \%)$$

**Chloridgehalt im Natriumchlorid:**

$$w(\text{Cl}^-) = \frac{1 \cdot M(\text{Cl}^-)}{M(\text{NaCl})} \approx \frac{35,453 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{58,4425 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,6066 \quad (60,66 \%)$$

**Mischungsgleichung**

$$w_1 m_1 + w_2 m_2 = w_m m_m \Rightarrow 10,65 \% \cdot 120 \text{ g} + 60,66 \% \cdot m_2 \approx 15 \% \cdot (120 \text{ g} + m_2) \Rightarrow m_2 = 11,43 \text{ g}$$

Es müssen 11,43 g NaCl hinzu gegeben werden.

b) In der Lösung sind 0,18021 mol Ca<sup>2+</sup> gelöst.  $c(\text{Ca}^{2+}) = \frac{n}{V} \approx \frac{0,18021 \text{ mol}}{0,1115 \text{ L}} \approx 1,6162 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \approx 1616,2 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$

Verdünnungsgleichung:  $c_1 V_1 = c_2 V_2 \Rightarrow 1616,2 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \cdot V_1 \approx 250 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \cdot 100 \text{ mL} \Rightarrow V_1 \approx 15,47 \text{ mL}$  . 15,47 mL

Konzentrat ad 100 mL verdünnen.

Nr. 2.2

Gehalte der Verdünnung bei gleichmäßiger Verteilung: 35 mg/L 70 mg/L 105 mg/L 140 mg/L 175 mg/L

Die dünnste der Verdünnungen soll entstehen, wenn man 25 mL (1 mal mit Vollpipette pipettieren) des Konzentrats auf 200 mL verdünnt.

Verdünnungsgleichung:  $c_1 V_1 = c_2 V_2 \Rightarrow c_1 \cdot 25 \text{ mL} \approx 35 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \cdot 200 \text{ mL} \Rightarrow c_1 = 280 \text{ mg/L}$  . Die Stammlsg. muss eine Konzentration von 280 mg/L besitzen.

**35 mg/L:** 25 mL ad 200 mL      **70 mg/L:** 50 mL ad 200 mL      **105 mg/L:** 75 mL ad 200 mL etc.

**140 mg/L:** 100 mL ad 200 mL      **175 mg/L:** 125 mL ad 200 mL

b) Summe Stammlsg: 375 mL. => 500 mL mit β(Li<sup>+</sup>) 280 mg/L herstellen. Lösung enthält 140 mg Li<sup>+</sup>. Das sind

$n(\text{Li}^+) = \frac{m(\text{Li}^+)}{M(\text{Li}^+)} = \frac{0,14 \text{ g}}{6,941 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,02017 \text{ mol}$ . Da jedes Li<sub>3</sub>Cit 3 Li<sup>+</sup> liefert, werden also nur 0,0067233 mol Li<sub>3</sub>Cit benötigt. Das sind 1,411 g Li<sub>3</sub>Cit für 500 mL.

Nr. 2.3

a)  $m_1 w_1 + m_2 w_2 = m_m w_m \Rightarrow 170 \text{ g} \cdot 15 \% + 50 \text{ g} \cdot w_2 = 220 \text{ g} \cdot 17,5 \% \Rightarrow w_2 = 26 \%$

b)  $m_1 w_1 = m_2 w_2 \Rightarrow 170 \text{ g} \cdot 15 \% = m_2 \cdot 17,5 \% \Rightarrow m_2 = 145,714 \text{ g}$  Es müssen ca. 24,3 g verdampft werden.

c) 1 L Lösung wiegt 1082,4 g. 15% davon sind H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, also 162,36 g.  $n(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{162,36 \text{ g}}{97,99 \text{ g/mol}} \approx 1,656904 \text{ mol}$  .

Sie enthalten die gleiche Stoffmenge, also auch 1,656904 mol PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Mit M(PO<sub>4</sub>) = 94,99 g/mol kann man berechnen, dass dies 157,39 g sind. Es folgt also β(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) = 157,39 g/L.

2.4

Mischungsgleichung:

$$\sigma_1 V_1 = \sigma_2 V_2 \Rightarrow 4 \% \cdot 3 \text{ L} = 30 \% \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 0,4 \text{ L} . 0,4 \text{ L Konzentrat auf 3 Liter Gesamtvolumen verdünnen.}$$