

- 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 H_2O 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 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.
- Berechnen Sie die erforderlichen Massen an Wasser und Stammlösung.
 - Welchen Massenanteil wird erreicht, wenn 15 g der Stammlösung mit 50 g H_2O 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.
- In welchen Volumenverhältnissen müssen A und B gemischt werden um 200 mL einer Lösung mit 3,0 g/L Glucose herzustellen (Lösung C) ?
 - Welche Wirkstoffkonzentration besitzt die Lösung C?
- 1.8** Wie viel Gramm a) Calciumchlorid und b) Calciumchlorid-Dihydrat müssen zu 350 g einer 5%igen CaCl_2 -Lösung gegeben werden, damit eine 6%ige Lösung entsteht?
- 1.9** Aus konzentrierter Schwefelsäure ($w = 96\%$), sollen 100 mL einer 20%igen Schwefelsäure bereitgestellt werden.
- Wie gehen Sie vor? Hinweis: Dichte der 20%igen Schwefelsäure (aus Tabellenbuch): $\rho = 1,14 \text{ g/cm}^3$
 - Wie wären Sie vorgegangen, wenn die Dichten der Ausgangs- und Ziellösung nicht bekannt sind?
- 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 (Na_2SO_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 $c(\text{Na}^+) = 0,5 \text{ mol/L}$ entstehen.
- Berechnen Sie das benötigte Volumen NaCl-Lösung.
 - 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 einer 5%igen Na_2CO_3 -Lösung gegeben werden, um eine 8%ige Na_2CO_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- Na_2SO_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** 500 g einer Kochsalzlösung besitzen einen Wasseranteil von 99%. Wie viel Wasser muss verdampft werden, damit der Massenanteil des Wassers auf 98% sinkt?
- 1.17** 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.
- 1.18** Aus der Blei-Stammlösung mit $\beta(\text{Pb}^{2+}) = 1000 \text{ }\mu\text{g/L}$ sollen in 5 mL-Kölbchen die Kalibrierlösungen (200, 400, 600 und 800 $\mu\text{g/L}$) hergestellt werden. Zur Verfügung steht ausschließlich eine 500 μL -Pipette. Wie werden die Verdünnungen hergestellt?

1.19 Aus einer Fructose-1,6-Diphosphat-Trinatriumsalz-Stammlösung (FDT) sollen jeweils 50 mL folgender Verdünnungsstufen hergestellt werden: 90 mg/L, 180 mg/L, 270 mg/L und 360 mg/L. Für die Herstellung stehen ausschließlich 10 mL-Vollpipetten und 50 mL-Messkolben zur Verfügung.

- Welche Massenkonzentration, $\beta(\text{FDT})$, muss die Stammlösung besitzen?
- Wie werden die einzelnen Verdünnungsstufen hergestellt?
- Wie werden 250 mL der Stammlösung hergestellt, wenn als Ausgangsstoff FDT-Octahydrat ($\text{FDT} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) eingesetzt wird? Hinweis: $M(\text{FDT}) = 406,2 \text{ g/mol}$. $M(\text{FDT} \cdot 8\text{H}_2\text{O}) = 550,3 \text{ g/mol}$

1.20 Es sollen jeweils 250 mL von 4 AlCl_3 -Verdünnungen hergestellt werden, deren Chlorid-Konzentrationen gleichmäßig den Kalibrierbereich $c(\text{Cl}^-) = 10$ bis $17,5 \text{ mmol/L}$ (incl. diesen beiden Randwerte) abdecken. Die Herstellung der Lösungen soll aus einer Stammlösung mithilfe von 20mL- und 100mL-Vollpipetten und 500 mL-Messkolben erfolgen.

- Legen Sie $c(\text{Cl}^-)$ aller 4 Verdünnungen fest.
- Welchen Chlorid-Konzentration $c(\text{Cl}^-)$ muss die Stammlösung besitzen und wie werden die Verdünnungen hergestellt?
- Wie wird die Stammlösung aus Aluminiumchlorid-Hexahydrat hergestellt? Runden Sie das Volumen auf das nächst höhere übliche Messkolbenvolumen hoch.

2. Aufgabenüberschuss und zusätzlich Übungsmaterial (viele ehemalige Aufgaben aus Klassenarbeiten)

2.1 Aus einer FeCl_3 -Stammlösung sollen mit 20 mL-Pipetten jeweils 250 mL folgender Massenkonzentrationen $\beta(\text{FeCl}_3)$ hergestellt werden. 25,5 mg/L, 51 mg/L und 76,5 mg/L.

- Welche Massenkonzentration $\beta(\text{FeCl}_3)$ muss die Stammlösung besitzen und wie werden die einzelnen Lösungen daraus hergestellt?
- Wie wird die Stammlösung aus FeCl_3 -Hexahydrat hergestellt, wenn man einen vernünftigen Überschuss einplant?
- Alternativ kann die Stammlösung auch aus einer anderen FeCl_3 -Lösung mit $c = 500 \text{ mM}$ hergestellt werden. Wie gehen Sie vor?

2.2 Wie müssen 200 mL einer Glucoselösung mit $\beta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 10 \text{ g/L}$ mit einer 2-molaren Glucoselösung und Wasser gemischt werden, damit man 500 mL einer Lösung mit $\beta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 50 \text{ g/L}$ bekommt?

Lösungen ohne Gewähr – Ausführliche Lösungswege unter 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)** 5,037 g; **1.9a)** 23,75 g H_2SO_4 ad 114 g **1.9b)** mehr herstellen **1.10)** 140 mL **1.11a)** 150 mL; **1.11b)** 0,375 mol/L; **1.12)** 55,17 g; **1.13)** 260,9 μM ; **1.14)** 434,9 mL; **1.15)** ca. 20 g/L; **1.16)** 250 g; **1.17)** 3,37%; **1.18)** komplex; **1.19b)** 450 mg/L; **1.19c)** 152,4 mg; **1.20c)** für 500 mL: 1,2573 g; **2.1a)** Stammlsg: 318,75 mg/L. **2.2)** 200 mL + 63,8 mL + 236,2 mL H_2O

Lösungen und Lösungswege ohne Gewähr

Wenn Sie von diesen Musterlösungen profitieren, dann geben Sie etwas zurück, indem Sie mich auf Rechenfehler, Verständnisschwierigkeiten o.ä. aufmerksam machen. Letztendlich profitieren auch andere Schüler davon, wenn die Musterlösungen weitgehend fehlerfrei und verständlich sind.

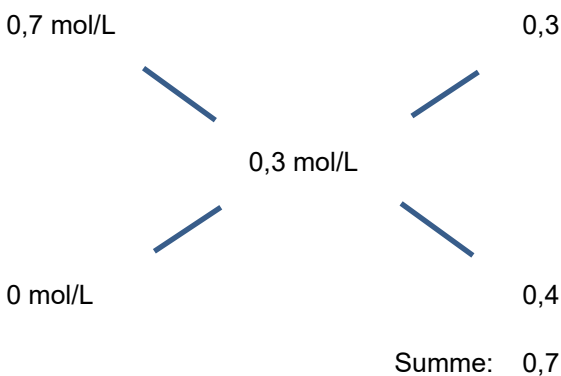
1.1

Siehe Unterrichtsunterlagen

1.2

a)

Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz



0,3 mL Stammlösung + 0,4 mL H₂O ergeben 0,7 mL Lösung. Hochrechnung auf 10 mL über den Dreisatz:

$$V(\text{Stammlösung}) = \frac{0,3 \text{ mL}}{0,7 \text{ mL}} \cdot 10 \text{ mL} \approx 4,29 \text{ mL}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = V_{\text{gesamt}} - V(\text{Stammlösung}) = 10 \text{ mL} - 4,29 \text{ mL} = 5,71 \text{ mL}$$

Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Mischungsgleichung:

$$c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_M \cdot V_M$$

Da H₂O Mischungskomponente: $c_2 = 0 \text{ mol/L}$

⇒ Mischungsgleichung (vereinfacht):

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

⇒

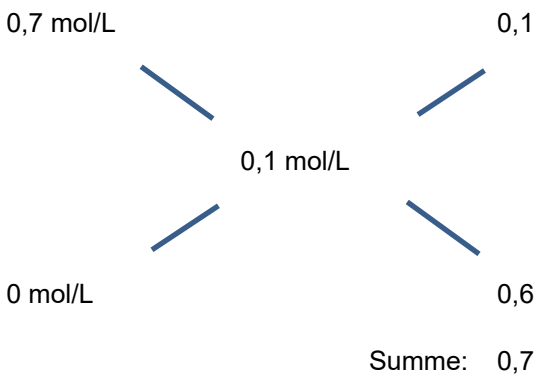
$$0,7 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot V_1 = 0,3 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 10 \text{ mL} \Rightarrow V_1 \approx 4,29 \text{ mL}$$

$$\Rightarrow V(\text{H}_2\text{O}) = V_M - V_1 = 10 \text{ mL} - 4,29 \text{ mL} \approx 5,71 \text{ mL}$$

b)

Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz

Dreisatz



0,1 mL Stammlösung + 0,6 mL H₂O ergeben 0,7 mL der gewünschten Lösung. Hochrechnung auf 15 mL über den Dreisatz:

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

Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Mischungsgleichung mit H₂O als Komponente: $c_1 \cdot V_1 = c_M \cdot V_M$

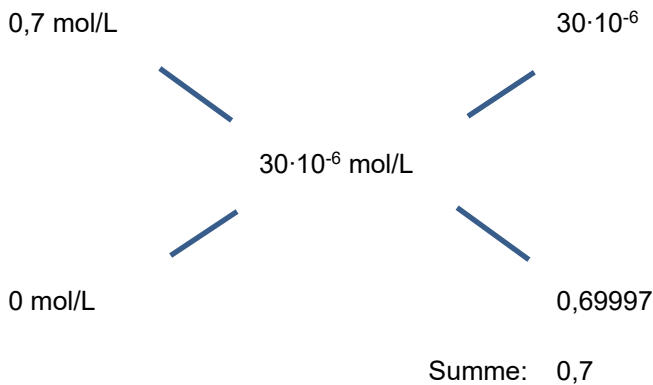
⇒

$$0,7 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot V_1 = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 15 \text{ mL} \Rightarrow V_1 \approx 2,14 \text{ mL}$$

$$\Rightarrow V(\text{H}_2\text{O}) = V_M - V_1 = 15 \text{ mL} - 2,14 \text{ mL} \approx 12,86 \text{ mL}$$

$$V(H_2O) = V_{\text{gesamt}} - V(\text{Stammlösung}) = 15\text{mL} - 2,14\text{mL} = 12,86\text{mL}$$

b) 15 mL mit $c = 0,1 \text{ mol/L}$



$30 \cdot 10^{-6} \text{ mL Stammlösung} + 0,69997 \text{ mL H}_2\text{O}$ ergeben $0,7 \text{ mL}$ der gewünschten Lösung. Hochrechnung auf 5000 mL über den Dreisatz:

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

$$V(H_2O) = V_{\text{gesamt}} - V(\text{Stammlösung}) = 5000 \text{ mL} - 0,214 \text{ mL} = 4999,786$$

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

1.3

a) Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz

$$\left(\begin{array}{ccc} 20 \frac{\text{g}}{\text{L}} & & 0,18 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 0,18 \frac{\text{g}}{\text{L}} & \\ & \nearrow & \searrow \\ 0 \frac{\text{g}}{\text{L}} & & 19,82 \\ & \Sigma & 20 \end{array} \right)$$

$0,18 \text{ mL Stammlösung}$ auf 20 mL mit H_2O aufgefüllt, ergeben die gewünschte Lösung. Hochrechnung auf 100 mL über den Dreisatz:

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

b) Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz

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

Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Mischungsgleichung mit H_2O als Komponente:

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

\Rightarrow

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

Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Mischungsgleichung mit H_2O 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:

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

1.4

Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz

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

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.

1.5

Mischungsgleichung mit H₂O als Komponente:

bzw.

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

⇒ (Bei Mischung wässriger Lösungen kann die Volumenkontraktion vernachlässigt werden).

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

⇒

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

Die Verhältnisformel des Salzes zeigt, dass bei der Lösung von einer CuCl₂-Formeleinheit die Bildung von 1 Cu²⁺ und 2 Cl⁻-Ionen entstehen.

Vor Verdünnen: c(CuCl₂) = 0,6 mol/L ⇒ c(Cu²⁺) = 0,6 mol/L; c(Cl⁻) = 1,2 mol/L

Nach Verdünnen: c(CuCl₂) = 0,267 mol/L ⇒ c(Cu²⁺) = 0,267 mol/L; c(Cl⁻) = 0,533 mol/L

1.6

Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz

$$\left(\begin{array}{ccc} 10\% & \searrow & 2,1 \\ & 2,1\% & \nearrow \\ 0\% & \nearrow & 7,9 \\ & \Sigma & 10 \end{array} \right)$$

2,1 g Stammlösung und 7,9 g H₂O ergeben den

Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Mischungsgleichung mit H₂O als Komponente:

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

⇒

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

m(H₂O) = 100 g – 21 g = 79 g

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)

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

1.7

a)

Lösungsweg mit Mischungskreuz und Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Dreisatz

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

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:

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

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

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

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

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

Die Volumenverhältnis beträgt $V_A:V_B = 1,5 : 2$. \Rightarrow Hochrechnung
auf 200 mL: **siehe links**

ALTERNATIV: Auch die direkte Berechnung von V_A und V_B ist
möglich:

Mischungsgleichung:

\Rightarrow

\Rightarrow

\Rightarrow

\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)

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

1.8

Mischungsgleichung:

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

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

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

a) Für reines CaCl_2 : $w_2 = 100\%$.

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

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

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

Der Massenteil von CaCl_2 in $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ergibt sich aus dem Verhältnis der molaren Massen:

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

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

1.9

a) Mit der Dichte kann man berechnen: 100 mL wiegen 114 Gramm.

$$m_1 \cdot w_1 = m_2 \cdot w_2 \Rightarrow 114 \text{g} \cdot 20\% = m_2 \cdot 96\% \Rightarrow m_2 \approx 23,75 \text{g}$$

Achtung: „Nie das Wasser in die Säure, sonst geschieht das Ungeheure“. Zuerst etwas Wasser vorlegen, z.B. 50 Gramm und dann langsam die 23,75 g konz. Säure mischend dazu dosieren. Anschließend mit Wasser auf 114 Gramm Gesamtmasse auffüllen.

b) Da die Dichte der herzustellenden Lösung nicht bekannt ist, kann man nicht berechnen, welche Masse die 100 mL besitzen. In der Praxis stellt man dann eine Schwefelsäuremasse her, die garantiert das geforderte Mindestvolumen (100 mL) abdeckt, z.B. 150 Gramm. Berechnung ist dann analog zu a)

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

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

1.11 Natriumsulfat und Natriumchlorid

a)

Lösungsweg mit Mischungskreuz und Lösungsweg mit Mischungsgleichung**Dreisatz**

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

Mischt man 0,5 mL der Na_2SO_4 -Lsg. mit 0,3 mL der NaCl-Lösung so entstehen 0,8 mL des gewünschten Gemisches.
Hochrechnung auf 250 mL Natriumsulfatlösung:

0,5 mL $\text{Na}_2\text{SO}_4 \hat{=} 0,3 \text{ mL NaCl-Lsg.}$

250 mL $\hat{=} x$

$\Rightarrow x = 150 \text{ mL}$

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_2SO_4 -Lösung müssen mit 150 mL NaCl-Lösung gemischt werden.

b) $c_1(\text{Cl}^-) = 0 \text{ mol/L}$. In der Na_2SO_4 -Lösung befinden sich keine Cl^- -Ionen.

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

Als ob man die NaCl-Lösung mit Wasser verdünnen würde. Verdünnungsgleichung:

$$\underbrace{c_1}_{\text{NaCl-Lsg.}} \underbrace{V_1}_{\text{Gemisch}} = \underbrace{c_M}_{\text{Gemisch}} \underbrace{V_M}_{\text{Gemisch}} \quad \underbrace{1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 150 \text{mL}}_{\text{NaCl-Lsg.}} = \underbrace{c_2 \cdot 400 \text{mL}}_{\text{Gemisch}} \Rightarrow c_2 = 0,375 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

1.12

Massenanteil von Na_2CO_3 in chemisch reinem Soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$):

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

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

Lösungsweg mit Mischungskreuz und Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Dreisatz

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

$$\begin{aligned} w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 &= w_M \cdot m_M & \Rightarrow & w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_M \cdot (m_1 + m_2) & \Rightarrow \\ w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 &= w_M \cdot m_1 + w_M \cdot m_2 & \Rightarrow & w_2 \cdot m_2 - w_M \cdot m_2 = w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1 \\ m_2 : m_1 &= 3 : 27,19 \Rightarrow m_2 = (3 : 27,19) \cdot m_1 & \Rightarrow & (w_2 - w_M) \cdot m_2 = w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1 & \Rightarrow \\ & \Rightarrow & & m_2 = \frac{w_M \cdot m_1 - w_1 \cdot m_1}{w_2 - w_M} \end{aligned}$$

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

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

1.13

Mischungsgleichung für 3 Komponenten

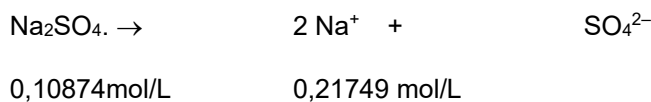
$$c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 + c_3 \cdot V_3 = c_M \cdot V_M \Rightarrow \frac{c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 + c_3 \cdot V_3}{V_M} = c_M \Rightarrow$$

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

1.14

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

Aus der Verhältnisformel des Salzes geht hervor, dass eine Formeleinheit 2 Na⁺-Ionen liefert, d.h. die Na₂SO₄-Konzentration muss halb so groß, wie die gewünschte Na⁺-Konzentration gewählt werden:



Lösungsweg mit Mischungskreuz und Dreisatz

$$\left(\begin{array}{ccc} 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} & & 0,10874 \\ & \searrow & \nearrow \\ & 0,10874 \frac{\text{mol}}{\text{L}} & \\ 0 \frac{\text{mol}}{\text{L}} & \nearrow & \searrow \\ & \Sigma & 0,39126 \\ & & 0,5 \end{array} \right)$$

0,10874 mL Stammlösung auf 0,5 mL mit H₂O aufgefüllt, ergeben die gewünschte Lösung.
Hochrechnung auf 2000 mL über den Dreisatz:

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

434,9 mL werden in einen 2000mL-Messkolben pipettiert und mit H₂O bis zur Marke aufgefüllt.

Lösungsweg mit Mischungsgleichung

Mischungsgleichung mit H₂O als Komponente:

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

⇒

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

1.15

Löst man 1,5 g Na_3PO_4 in 100 mL einer Na_3PO_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 Na_3PO_4 . Es werden weitere 1,5 g Na_3PO_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.

1.16

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

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.

1.17

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

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

1.18 Blei in Kölbchen

Die dünnste Kalibrierlösung ist 5 mal dünner als die Stammlösung. Zur Herstellung von 5 mL Kalibrierlösung müssen also 1000 μL Stammlsg. auf die 5-mL-Marke aufgefüllt werden (2 Pipetten voll). Für 400 $\mu\text{g/L}$ 4 Pipetten voll, für 600 $\mu\text{g/L}$ 6 Pipetten voll, für 800 $\mu\text{g/L}$ 8 Pipetten voll.

1.19

Merke: Der größte gemeinsame Teiler der Zielgehalte legt fest, um welchen Betrag der Gehalt beim einmaligen Bedienen der Pipette steigen muss.

Zielgehalte: 90 mg/L, 180 mg/L, 270 mg/L, 360 mg/L \Rightarrow **größter gemeinsamer Teiler: 90 mg/L**

Transferiert man 10 mL, so muss der Gehalt um 90 mg/L steigen.

1·10 mL transferieren und dann auf 50 mL auffüllen: \Rightarrow Es resultiert 90 mg/L

2·10 mL transferieren und dann auf 50 mL auffüllen: \Rightarrow Es resultiert 180 mg/L

3·10 mL transferieren und dann auf 50 mL auffüllen: \Rightarrow Es resultiert 270 mg/L

4·10 mL transferieren und dann auf 50 mL auffüllen: \Rightarrow Es resultiert 360 mg/L

z.B. Berechnung des Gehalts der Stammlsg. mit den Angaben der 1. Verdünnung: 10 mL ad 50 mL liefert 90 mg/L

$$\underbrace{\beta_1}_{\text{Stammlsg.}} \cdot \underbrace{V_1}_{\text{Verdünnung}} = \underbrace{\beta_M}_{\text{Stammlsg.}} \cdot \underbrace{V_M}_{\text{Verdünnung}} \Rightarrow \underbrace{\beta_1}_{\text{Stammlsg.}} \cdot 10 \text{ mL} = 90 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot \underbrace{50 \text{ mL}}_{\text{Verdünnung}} \Rightarrow \beta_1 = 450 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

b) Herstellung der Lsg.

90 mg/L: 10 mL Stammlsg. ad 50 mL Gesamtvolumen

180 mg/L: 20 mL Stammlsg. ad 50 mL Gesamtvolumen

270 mg/L: 30 mL Stammlsg. ad 50 mL Gesamtvolumen

360 mg/L: 40 mL Stammlsg. ad 50 mL Gesamtvolumen

c) $w(\text{FDT})$ in FTD-Octahydrat = 0,738.

In 250 mL Stammlösung sind 112,5 mg FDT enthalten. Diese Portion findet sich in $112,5 \text{ mg} : 0,738 = 152,4 \text{ mg}$ FDT-Octahydrat.

1.20 Aluminiumchlorid-Hexahydrat

a) 10 mM, 12,5 mM, 15 mM, 17,5 mM (Hinweis: gängige Abkürzung ohne Bruchstrich: mmol/L = mM)

b) **Merke: Der größte gemeinsame Teiler der Zielgehalte legt fest, um welchen Betrag der Gehalt beim einmaligen Bedienen der Pipette steigen muss.**

Zielgehalte: 10 mM, 12,5 mM, 15 mM, 17,5 mM \Rightarrow **größter gemeinsamer Teiler:** 2,5 mM

$$4 \cdot 2,5 \text{ mM} = 10 \text{ mM} \quad 5 \cdot 2,5 \text{ mM} = 12,5 \text{ mM} \quad 6 \cdot 2,5 \text{ mM} = 15 \text{ mM} \quad 7 \cdot 2,5 = 17,5 \text{ mM}$$

Transferiert man 20 mL, das kleinste erlaubte pipettierbare Volumen, so muss die Konzentration um 2,5 mmol/L steigen. Um auf einen Gehalt von 10 mM zu kommen, muss also diese Pipette 4 mal benutzt werden (denn $4 \cdot 2,5 \text{ mM} = 10 \text{ mM}$). Es müssen zur Herstellung der dünnsten Lösung also 80 mL pipettiert werden.

$$\underbrace{c_1}_{\text{Stammlsg.}} \cdot \underbrace{V_1}_{\text{Verdünnung}} = c_M \cdot V_M \quad \underbrace{c_1 \cdot 80 \text{ mL}}_{\text{Stammlsg.}} = \underbrace{10 \text{ mM} \cdot 250 \text{ mL}}_{\text{Verdünnung}} \Rightarrow c_1 = 31,25 \text{ mM}$$

Die Stammlösung muss einen Gehalt von $c(\text{Cl}^-) = 31,25 \text{ mmol/L}$ besitzen!

Beispiel: Herstellung der 2. Verdünnung mit 12,5 mM aus dieser Stammlösung.

$$\underbrace{31,25 \text{ mM} \cdot V_1}_{\text{Stammlsg.}} = \underbrace{12,5 \text{ mM} \cdot 250 \text{ mL}}_{\text{Verdünnung}} \Rightarrow V_1 = 100 \text{ mL}$$

| $c(\text{Cl}^-)$ Verdünnung | zu pipettierendes Gesamtvolumen an Stammlösung mit 31,25 mM | Pipettennutzung (20er und 100er-Pipetten) |
|-----------------------------|---|---|
| 10 mM | 80 mL | 20 mL + 20 mL + 20 mL + 20 mL |
| 12,5 mM | 100 mL | 100 mL |
| 15 mM | 120 mL | 100 mL + 20 mL |
| 17,5 mM | 140 mL | 100 mL + 20 mL + 20 mL |

Alle Lösungen werden im Messkolben auf 250 mL aufgefüllt.

Hinweis für die Praxis: Da die Pipettierfehler mit der Häufigkeit des Pipettierens steigen, ist es sinnvoll eine 40 mL-Pipette zu benutzen.

c) Es werden rechnerisch benötigt: $140 \text{ mL} + 120 \text{ mL} + 100 \text{ mL} + 80 \text{ mL} = 440 \text{ mL}$ Stammlösung. Es werden also in der Praxis 500 mL Stammlösung hergestellt mit $c(\text{Cl}^-) = 31,25 \text{ mmol/L}$. $\Rightarrow c(\text{AlCl}_3) = 10,41666 \text{ mmol/L}$ (da jedes AlCl_3 , 3 Cl^- liefert.) Für 0,5 L Stammlösung: $n(\text{AlCl}_3) = n(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,005208333 \text{ mol}$. Das sind ca. 1,2573 g $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Lösen ad 500 mL im Messkolben..

2.1 Eisen(III)-Kalibrierlösung

a) Pipettiert man 20 mL, d.h. das kleinste pipettierbare Volumen, in einen 250mL- Messkolben und füllt bis zur Marke auf, so muss sich die Konzentration 25,5 mg/L einstellen. Daraus folgt

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_2 \cdot V_2 \Rightarrow \beta_1 \cdot 20 \text{ mL} = 25,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 250 \text{ mL} \Rightarrow \beta_1 = 318,75 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad (\text{Gehalt der Stammlsg.}).$$

25,5 mg/L: 20 mL Stammlsg. ad 250 mL.

51 mg/L: 40 mL Stamm ad 250 mL.

76,5 mg/L: 60 mL Stamm ad 250 mL.

b) z.B. 150 mL Stammlösung herstellen.

In 150 mL Stamm enthalten: 47,8125 mg FeCl₃. Das sind $2,947749 \cdot 10^{-4}$ mol. Dieselbe Stoffmenge wird auch von FeCl₃·6H₂O (M = 270,3 g/mol) benötigt. Das sind 0,079677 g. Herstellung: 79,7 mg FeCl₃·6H₂O ad 150 mL lösen (für 200 mL Lsg.: 106,2 mg)

$$c(\text{FeCl}_3) = \frac{\beta}{M} = \frac{318,75 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{162,2 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} \approx 1,965 \text{ mM}; \quad c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 500 \text{ mM} \cdot V_1 = 1,965 \text{ mM} \cdot 150 \text{ mL} \Rightarrow V_1 = 0,5895 \text{ mL}$$

589,5 µL mit H₂O auf 150 mL verdünnen. (für 200 mL: 786 µL)

| |
|-----|
| 2.2 |
|-----|

Die zweite Lösung besitzt einen Gehalt von $\beta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = c \cdot M = 2 \text{ mol/L} \cdot 180,2 \text{ g/mol} \approx 360,4 \text{ g/L}$

In den 500 mL der Ziellösung müssen enthalten sein: 25 g Glucose

Die erste Lösung (200 mL) liefert 2 Gramm. Die Zweite Lösung muss also 23 Gramm liefern. Die sind enthalten in 63,8 mL. Die Lösung wird anschließend mit Wasser auf 500 mL aufgefüllt.

Alternative: Man erweitert die Mischungsgleichung sinngemäß um einen dritten Term:

$$\underbrace{\beta_1 V_1}_{V_1=200 \text{ mL, laut Aufgabenstellung}} + \beta_2 V_2 + \underbrace{\beta_3 V_3}_{\text{H}_2\text{O - fällt weg, da } \beta=0} = \underbrace{\beta_M V_M}_{V_M=500 \text{ mL laut Aufgabenstellung } (=V_1+V_2+V_3)}$$

$$10 \cdot 200 + 360,4 V_2 = 50 \cdot 500 \Rightarrow V_2 = 63,8 \text{ mL}$$

Es werden 200 mL der ersten Komponente mit 63,8 mL der zweiten Komponente gemischt und dann mit Wasser auf 500 mL aufgefüllt (also 236,2 mL H₂O zugegeben)