

Alle Fragen lehnen sich an PAL-Fragen für Biologielaboranten der vergangenen Jahre an. Jedoch wurden die Zahlenwerte und die Stoffsysteme leicht verändert, der Schwierigkeitsgrad ist jedoch der gleiche. Wenn man hier die entsprechende Aufgabe erfolgreich lösen konnte, kann man die dazugehörige PAL-Frage genauso erfolgreich lösen.

### 1. Rechnen mit Massenanteilen

- 1.1. Wie groß ist der Massenanteil an Sauerstoff in Calciumdihydrogenphosphat  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ? (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2006). **Ergebnis:  $w = 0,547$**
- 1.2. Wie viel Gramm chemisch gebundenen Stickstoff enthalten 200 g einer wässrigen Ammoniumnitrat-Lösung mit  $w(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 12,0\%$ . Anmerkung:  $M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80,04 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{N}) = 14,01 \text{ g/mol}$ . **Ergebnis: 8,4 g N**
- 1.3. Wie viel Gramm chemisch gebundenes Chlor sind in 250 g Natriumchlorid-Lösung mit einem Massenanteil von 5,00 % enthalten? **Ergebnis: 7,6 g Cl**
- 1.4. Berechnen Sie die Masse an chemisch gebundenem Stickstoff in 150 g Harnstofflösung mit  $w(\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}) = 10\%$ .  $M(\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}) = 60,055 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{N}) = 14,007 \text{ g/mol}$  (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2004 + 2006) **Ergebnis: 7,0 g N**
- 1.5. Chlorophyll b enthält 1 Mg-Atom. 2,678% der Chlorophyll-b-Masse entfallen dabei auf Magnesium (Mg). Berechnen Sie die molare Masse von Chlorophyll b.  $M(\text{Mg}) = 24,305 \text{ g/mol}$ . (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2005) **Ergebnis: 907,6 g/mol**

### 2. Rechnen mit Stoffmengen- und Massenkonzentration

- 2.1. Wie groß ist die Stoffmengenkonzentration  $c(\text{NaHCO}_3)$  (in mmol/L) einer Lösung, die in 70 mL Lösung 105 mg  $\text{NaHCO}_3$  enthält? (Aufgabenstellung ähnlich einer Aufgabe aus Zwischenprüfung BL, 1990, Aufgabensatz 2) **Ergebnis: 17,9 mmol/L**
- 2.2 Es sollen 200 mL einer Bariumchloridlösung mit der Stoffmengenkonzentration von  $c(\text{BaCl}_2) = 0,25 \text{ mol/L}$  hergestellt werden. Wie viel Gramm Bariumchlorid-Dihydrat sind einzuwiegen?  $M(\text{BaCl}_2) = 208 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$ . (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2011). **Ergebnis: 12,2 g.**

### 3. Herstellen von Lösungen aus Feststoffen

- 3.1. Es sollen 200 mL einer Magnesiumchloridlösung mit  $c(\text{MgCl}_2) = 0,075 \text{ mol/L}$  hergestellt werden. Welche Masse an  $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$  sind einzuwiegen?  $M(\text{MgCl}_2) = 95,2 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$  (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2007+2011) **Ergebnis: 3,05 g**
- 3.2. 500 mL einer Glucose-Lösung sollen hergestellt werden, die insgesamt 5 g chemisch gebundenen Kohlenstoff pro Liter enthalten. Berechnen Sie die Einwaage an Glucose.  $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g/mol}$  (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2005). **Ergebnis: 6,25 g**
- 3.3. Aus 80 g  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sollen eine Lösung mit einem Massenanteil an Nickelnitrat von  $w(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = 23\%$  hergestellt werden. Berechnen Sie die einzusetzenden Portionen an Salz und Wasser. (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2001) **Ergebnis: 138,5 g  $\text{H}_2\text{O}$  und 80g Salz**
- 3.4. Welche Masse  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ist einzuwiegen, um 500 mL einer Calciumchloridlösung mit  $c(\text{CaCl}_2) = 0,025 \text{ mol/L}$  herzustellen? (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2008). **Ergebnis: 1,84 g**
- 3.5. Wie viel Gramm Wasser sind einzusetzen, wenn aus 50 g Mangan(II)-sulfat-Heptahydrat eine Lösung den Massenanteil  $w(\text{MnSO}_4) = 20,0\%$  entstehen soll?  $M(\text{MnSO}_4) = 151,0 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,0 \text{ g/mol}$ . **Ergebnis: 86,28g**

#### 4. Verdünnen von Lösungen mit Wasser oder Konzentrieren von Lösungen durch Wasserentzug

- 4.1.** 18,5 kg einer Proteinlösung mit  $w(\text{Protein}) = 2,3\%$  werden 7 kg Wasser entzogen. Berechnen Sie den prozentualen Massenanteil des Proteins im Konzentrat. (Aufgabenstellung ähnlich einer Aufgabe aus Zwischenprüfung BL, 1998, Aufgabensatz 2.) **Ergebnis: 3,7%**
- 4.2.** Ein Lösung des Enzyms Summetrin mit  $c(\text{Summetrin}) = 20 \mu\text{mol/L}$  soll hergestellt werden. Die Lösung soll zum Befüllen von 300 Proberöhrchen hergestellt werden, wobei das jeweilige Füllvolumen  $350 \mu\text{L}$  beträgt. Berechnen Sie die einzuwiegende Masse Summetrin, wenn 5% Überschuss hergestellt werden soll.  $M(\text{Summetrin}) \approx 23400 \text{ g/mol}$  (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2006) **Ergebnis: 0,0516 g**
- 4.3.** 50 mL Salpetersäure mit  $w(\text{HNO}_3) = 10,97\%$  ( $\rho = 1,060 \text{ g/cm}^3$ ) werden auf 1250 mL aufgefüllt. Berechnen Sie  $c(\text{HNO}_3)$ .  $M(\text{HNO}_3) = 63,013 \text{ g/mol}$ . (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2006) **Ergebnis: 0,0738 mol/L**
- 4.4.** Eine Natriumcarbonat-Lösung mit  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1,5 \text{ mol/L}$  ( $\rho = 1,145 \text{ g/cm}^3$ ) wird mit Wasser auf das zwanzigfache Volumen verdünnt. Berechnen Sie  $w(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  und  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  in der verdünnten Lösung.  $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,989 \text{ g/mol}$ . (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2005) **Ergebnis:  $c = 0,075 \text{ mol/L}$ ,  $w = 0,8\%$**
- 4.5.** 200 mL einer Lösung werden durch destillatives Abtrennen von Wasser auf 40 mL eingeeengt. Berechnen Sie die Massenkonzentration der verdünnten Lösung, wenn die Massenkonzentration der eingeeengten Lösung  $\beta = 80 \mu\text{g/mL}$  beträgt. (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2005) **Ergebnis: 16  $\mu\text{g/mL}$**
- 4.6.** Wie groß ist der Zellengehalt einer Ausgangslösung, wenn nach 6 Verdünnungsschritten (jeweils aus der vorangegangenen Verdünnungsstufe mit der Verdünnung 1 : 8 hergestellt) der Zellengehalt 250 Zellen pro mL beträgt? (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2004) **Ergebnis:  $6,55 \cdot 10^7 \text{ Zellen/mL}$**
- 4.7.** Eine geometrische Verdünnungsreihe (eine Verdünnungsstufe wird immer aus der vorangegangenen mit dem selben Verdünnungsfaktor hergestellt) liefert nach 11 Verdünnungsschritten eine Stoffmengenkonzentration von  $c = 2,1 \mu\text{mol/L}$ . Wie groß war die Konzentration der Ausgangslösung, wenn mit dem Verdünnungsfaktor  $F = 1:3$  verdünnt wurde? (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL) **Ergebnis: 0,3720 mol/L**
- 4.8.** 820 g einer Proteinlösung mit  $w(\text{Protein}) = 2,3\%$  werden 250 g Wasser entzogen. Berechnen Sie den Massenanteil des Konzentrats. (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 1998) **Ergebnis: 3,31%**
- 4.9** Eine Bakteriensuspension wurde zweimal 1:100 verdünnt und dreimal 1:5 verdünnt. Von der erhaltenen Verdünnung wurden  $V = 500 \mu\text{L}$  auf einer Platte ausgestrichen. Auf der Platte wuchsen 8 Kolonien. Wie groß ist die Anzahl der Kolonienbildenden Einheiten (in KbE/mL) in der Ausgangskultur? **Ergebnis:  $20 \cdot 10^6 \text{ KbE/mL}$**
- 4.10** 250 mL einer Glucoselösung mit  $\beta = 5,0 \text{ g/L}$  wurden durch Einengen auf 40 mL konzentriert. Wie groß ist die Massenkonzentration  $\beta(\text{Glucose})$  des Konzentrats? (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2014) **Ergebnis: 31,25 g/L**
- 4.11** 86,1 Millimol eines Wirkstoffs werden mit Wasser zu 500 Milliliter Lösung gelöst. Die so entstehende Stammlösung wird fortgesetzt 7 mal hintereinander jeweils mit dem Verdünnungsfaktor 1:10 verdünnt. Berechnen Sie den Gehalt der so entstehenden Lösung in Pikomol/mL (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2011+2013). **Ergebnis: 17,22 pmol/mL**

#### 5. Mischen von Lösungen

- 5.1.** 115 mL einer Salzlösung mit der Dichte  $\rho = 1,09 \text{ g/mL}$  und der Massenkonzentration  $\beta = 4,0 \text{ g/100 mL}$  wurden mit 200 g einer Salzlösung mit dem Massenanteil  $w = 0,110$  gemischt. Berechnen Sie den prozentualen Massenanteil der Lösung. (Aufgabenstellung ähnlich einer Aufgabe aus Zwischenprüfung BL, 1990, Aufgabensatz 2) **Ergebnis: 8,18%**

**5.2.** Wie viel Gramm Kaliumchloridlösung mit  $w(\text{KCl}) = 0,10$  müssen zu 50 g Kaliumchloridlösung mit  $w(\text{KCl}) = 0,25$  zugegeben werden, um eine Kaliumchloridlösung mit  $w(\text{KCl}) = 0,17$  zu erhalten. (Aufgabenstellung ähnlich einer Aufgabe aus Zwischenprüfung BL, 1990, Aufgabensatz 2) **Ergebnis: 57,14 g**

**5.3.** 40,0 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $w = 0,09$ ) und 30 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $w = 0,24$ ) werden gemischt. Berechnen Sie den Massenanteil der Mischung. (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2001). **Ergebnis:  $w_M = 0,154$**

## 6. Umsatzberechnungen mit Reaktionsgleichungen

**6.1.** Natriumchlorid wird mit Schwefelsäure zu Natriumsulfat und Chlorwasserstoff umgesetzt. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf und berechnen Sie welche Masse an Natriumsulfat ( $M = 142 \text{ g/mol}$ ) maximal gewonnen werden kann wenn 75 g Natriumchlorid ( $M = 58,5 \text{ g/mol}$ ) mit einem Überschuss an Schwefelsäure umgesetzt wird. (ähnlich einer Aufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für CBL, 2008 **Ergebnis: 91,0 g**)

**6.2** Bei der Umsetzung von 50 g Methanol mit Essigsäure entstanden 92 g Essigsäuremethylesters.  $M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32,0 \text{ g/mol}$ ;  $M(\text{Ester}) = 74,0 \text{ g/mol}$ .

a) Notieren Sie die Reaktionsgleichung in Strukturformeln

b) Wie groß ist die Ausbeute in Prozent an Essigsäuremethylester? **Ergebnis: 79,6%**

**6.3.** Wie viel Gramm Phosphor benötigt man zur Herstellung von 100 g Phosphor(V)-oxid ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )? Notieren Sie auch die passende Reaktionsgleichung! **Ergebnis: 43,6 g**

## 7. Aufgabenüberschuss

**7.1.** Eine Glucoselösung mit  $c(\text{Gluc}) = 1,5 \text{ mol/L}$  wird 1:20 (Faktor = 0,05) verdünnt. Wie groß ist die Massenkonzentration (in g/L) und der Massenanteil (in %) der verdünnten Lösung, wenn die Dichte der verdünnten Lösung  $\rho = 1,025 \text{ g/mL}$  beträgt?  $M(\text{Glucose}) = 180 \text{ g/mol}$ . (ähnlich einer Prüfungsaufgabe aus der Abschlussprüfung Teil 1 für BL, Sommer 2015).

**7.2.** 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).

**7.3.** Eine Bakterienkultur wurde drei mal hintereinander 1:1000 und dann noch zwei mal hintereinander 1:10 verdünnt. Nach Auftragung von 200  $\mu\text{L}$  der Verdünnung auf ein Nährmedium, konnten 35 Kolonien gezählt werden. Wie groß ist der Gehalt an kolonienbildenden Einheiten pro mL (KBE/mL) in der Ausgangskultur? (ähnlich einer Prüfungsaufgabe aus der Abschlussprüfung Teil 1 für BL, Sommer 2015)

**7.4.** Ein Versuchstier besitzt eine Körpermasse von 200 Gramm. Es wurden ihm 5 Tage lang 2 mal täglich die Einzeldosis von 18 mg/kg KM appliziert. Welche Masse an Wirkstoff hat das Versuchstier insgesamt erhalten? (ähnlich einer Prüfungsaufgabe aus der Abschlussprüfung Teil 1 für BL, Sommer 2015)

**7.5.** fehlt noch

**7.6.** Die Stoffmengenkonzentration einer Proteinlösung wurde im UV-Bereich ( $\lambda = 280 \text{ nm}$ ) gemessen. Bei einer Schichtdicke von  $d = 20 \text{ mm}$  ergab sich eine Transmission (Durchlässigkeit, T) von  $T = 0,219$ . Der molare Absorptionskoeffizient beträgt  $\epsilon = 165 \text{ L/mol}\cdot\text{cm}$ . Berechnen Sie die Stoffmengenkonzentration in millimol/L (ähnlich einer Prüfungsaufgabe aus der Abschlussprüfung Teil 1 für BL, Sommer 2015).

$$\text{Hinweise: } E = \epsilon \cdot c \cdot d$$

$$\text{und } E = -\lg T = \lg 1/T$$

**7.7.** Es soll eine Saccharose-Lösung hergestellt werden, um damit 600 Röhrchen zu je 400 Mikroliter und  $c(\text{Saccharose}) = 45 \text{ mmol/L}$  zu füllen. Wie viel Milligramm Saccharose ist einzuwiegen, wenn ein Überschuss von 10% angesetzt wird?  $M(\text{Saccharose}) = 342 \text{ g/mol}$  (ähnlich einer Prüfungsaufgabe aus der Abschlussprüfung Teil 1 für BL, Sommer 2015).

## Lösungen (ohne Gewähr)

1.1.

$$w(O) = \frac{8 \cdot M(O)}{M(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)} = \frac{128 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{234 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,547$$

1.2.

Die Lösung enthält  $0,12 \cdot 200\text{g} = 24\text{ g}$  Ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )

$$w(N) = \frac{2 \cdot M(N)}{M(\text{NH}_4\text{NO}_3)} = \frac{28,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{80,04 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,3500$$

35,00 % der Masse von Ammoniumnitrat entfallen auf Stickstoff (N). 35,00% von 24 g sind 8,4 g. Die Lösung enthält also 8,4 g chemisch gebundenen Stickstoff.

1.3.

Die Lösung enthält 12,5 g NaCl (5% der Gesamtmasse der Lösung).

$$w(\text{Cl}) = \frac{M(\text{Cl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{35,4527 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{58,4425 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,6066$$

60,66% der NaCl-Masse entfallen auf Cl. Da 12,5 g NaCl vorliegen, entfallen 7,6 g auf Cl (60,66% von 12,5 g).

1.4.

Die Lösung enthält 15 g Harnstoff. Massenanteil von N in Harnstoff:  $w(\text{N}) = 0,4665$ , d.h. 46,65% der Harnstoffmasse entfallen auf N. 46,65% von 15 g sind ca. 7,0 g. In der Lösung liegen ca. 7,0 g chemisch gebundener Stickstoff vor.

1.5.

Berechnung mit Formel

$$w(\text{Mg}) = \frac{M(\text{Mg})}{M(\text{Chloro-b})} \Rightarrow$$

$$M(\text{Chloro-b}) = \frac{M(\text{Mg})}{w(\text{Mg})} = \frac{24,305 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{0,02678} = 907,6 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Berechnung mit Dreisatz

$$2,678\% \quad \square \quad 24,305 \text{ g/mol}$$

$$100\% \quad \square \quad x \quad \Rightarrow x = 907,6 \text{ g/mol}$$

2.1.

105 mg  $\text{NaHCO}_3$  entsprechen 0,0012499 mol.

$$c(\text{NaHCO}_3) = \frac{n(\text{NaHCO}_3)}{V(\text{Lsg.})} \approx \frac{0,0012499 \text{ mol}}{0,07 \text{ L}} \approx 0,0179 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \approx 17,9 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

2.2

In 200 mL befinden sich 0,05 mol  $\text{BaCl}_2$ . 0,05 mol  $\text{BaCl}_2$  sind in 0,05 mol  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $M = 208 \text{ g/mol} + 2 \cdot 18 \text{ g/mol} = 244 \text{ g/mol}$ ) enthalten. Das sind 12,2 g.

3.1

Zuerst wird berechnet welche Stoffmenge  $n(\text{MgCl}_2)$  sich in der Lösung befindet. Die Stoffmenge  $n(\text{MgCl}_2)$  entspricht auch der Stoffmenge  $n(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ , da in einer  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  genau eine Formeleinheit  $\text{MgCl}_2$  enthalten ist. Wenn man also die Stoffmenge an  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  kennt, dann muss man nur noch mit entsprechenden molaren Masse  $m(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$  berechnen.

### Rechenweg mit Formeln

$$n(\text{MgCl}_2) = c(\text{MgCl}_2) \cdot V(\text{Lsg.})$$

$$= 0,075 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{L} = 0,015 \text{mol}$$

Es müssen 0,01 mol  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  eingesetzt werden.

$$m(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = n(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$$

$$= 0,015 \text{mol} \cdot 203,30 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 3,05 \text{g}$$

### Rechenweg mit Dreisatz

Wenn  $c(\text{MgCl}_2) = 0,075$  mol pro Liter (mol/L) beträgt, sind folglich in 0,2 L Lösung ein Fünftel davon, nämlich 0,015 mol  $\text{MgCl}_2$  enthalten.

Es müssen also zur Herstellung 0,015 mol  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  eingesetzt werden, denn diese Stoffportion enthält auch 0,015 mol  $\text{MgCl}_2$ .

1 mol  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  wiegt 203,30 g (molare Masse von  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ :  $M = 203,30$  g/mol). Wie viel wiegen dann 0,015 mol? => Dreisatz =>

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ mol} & \square 203,30 \text{ g} \\ 0,015 \text{ mol} & \square x \text{ g} \end{array} \Rightarrow x \approx 3,05 \text{ g.}$$

Es müssen also 3,05 g  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  eingewogen werden.

## 3.2.

a) Zuerst wird berechnet, welche Masse Kohlenstoff ( $m(\text{C})$ ) in dem herzustellenden Volumen enthalten sein sollen. b) Anschließend wird berechnet wie viel Prozent der Masse von Glucose auf das Element C entfallen (Massenanteil von C in Glucose,  $w(\text{C})$ ). c) Mithilfe dieses Massenanteils lässt sich dann berechnen, in welcher Glucosemasse ( $m(\text{Gluc})$ ) die erforderliche Masse Kohlenstoff enthalten ist.

### Rechenweg mit Formeln

zu a)

in 500 mL sind enthalten:  $m(\text{C})=2,5$  g.

zu b)

$$w(\text{C}) = \frac{6 \cdot M(\text{C})}{M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} = \frac{6 \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{180 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,4$$

40% der Masse von Glucose entfallen auf C.

zu c)

$$w(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)} \Rightarrow$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{m(\text{C})}{w(\text{C})} = \frac{2,5 \text{g}}{0,4} = 6,25$$

### Rechenweg mit Dreisatz

zu a) Wenn in 1 L 5 g C enthalten sein sollen, dann müssen in 0,5 L 2,5 g C enthalten sein.

zu b) Dreisatz =>

$$\begin{array}{ll} 180 \text{ g/mol} & \square 100\% \\ 6 \cdot 12 \text{ g/mol} & \square x \% \end{array} \Rightarrow x = 40\%$$

zu c) Dreisatz

40% der Masse von Glucose entfallen auf C. Wie viel Gramm Glucose werden also benötigt, damit 40% davon 2,5 g entsprechen? => Dreisatz =>

$$\begin{array}{ll} 40\% & \square 2,5 \text{g} \\ 100\% & \square x \% \end{array} \Rightarrow x = 6,25 \text{ g}$$

**3.3.**

a) Zuerst wird berechnet, welche Masse  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  in der eingesetzten Stoffportion überhaupt enthalten ist. b) Da wir jetzt wissen, wie groß  $m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2)$  ist und außerdem den Massenanteil der Lösung kennen, können wir berechnen, welche Masse die Lösung besitzt. c) Wenn wir die Masse der Lösung kennen und außerdem bekannt ist, welche Masse auf den gelösten Feststoff entfallen (hier: 80g), wird der Rest der Masse (Massendifferenz) auf das Lösungsmittel  $\text{H}_2\text{O}$  entfällt.

Zu a)

$$w(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = \frac{M(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2)}{M(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} = \frac{182,70 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{290,79 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,6283.$$

$$m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = w(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) \cdot m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = 0,6283 \cdot 80\text{g} \approx 50,263\text{g}$$

Zu b)

$$w_{\text{Lsg.}}(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2) = \frac{m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2)}{m(\text{Lsg.})} \Rightarrow$$

$$m(\text{Lsg.}) = \frac{m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2)}{w_{\text{Lsg.}}(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2)} = \frac{50,263\text{g}}{0,23} \approx 218,53\text{g}$$

Zu c)

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Lsg.}) - m(\text{Salz}) = 218,53\text{g} - 80\text{g} \approx 138,5\text{g}$$

80 g des Ausgangsstoff müssen also in 138,5 g gelöst werden.

**3.4.****Rechenweg mit Formeln**

$$n(\text{CaCl}_2) = c(\text{CaCl}_2) \cdot V(\text{Lsg.})$$

$$= 0,025 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,5\text{L} = 0,0125\text{mol}$$

Es müssen 0,0125 mol  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  eingesetzt werden.

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$$

$$= 0,0125\text{mol} \cdot 147 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 1,84\text{g}$$

**Rechenweg mit Dreisatz**

Wenn  $c(\text{CaCl}_2) = 0,025$  mol pro Liter (mol/L) beträgt, sind folglich in 0,5 L Lösung 0,0125 mol  $\text{CaCl}_2$  enthalten.

Es müssen also zur Herstellung 0,0125 mol  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  eingesetzt werden, denn diese Stoffportion enthält auch 0,0125 mol  $\text{CaCl}_2$ .

1 mol  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  wiegt 147 g (molare Masse von  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :  $M = 147$  g/mol). Wie viel wiegen dann 0,0125 mol? => Dreisatz =>

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ mol} & \square 147 \text{ g} \\ 0,0125 \text{ mol} & \square x \text{ g} \end{array} \quad \Rightarrow x \approx 1,84 \text{ g.}$$

Es müssen also 1,84 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  eingewogen werden.

**3.5.**

1. Zuerst wird berechnet, welche Masse Mangansulfat in 50 g  $MnSO_4 \cdot 7H_2O$  enthalten sind. 2. Anschließend wird berechnet welche Masse die gesamte Lösung haben muss, wenn die bei 1 berechnete Masse 20% der Gesamtmasse ausmacht. 3. Es wird zum Schluss berechnet, welche Masse an Wasser zur Herstellung der Lösung einzusetzen ist.

$$\text{Zu 1: } w(MnSO_4) = \frac{1 \cdot M(MnSO_4)}{M(MnSO_4 \cdot 7H_2O)} = \frac{151 \frac{g}{mol}}{277 \frac{g}{mol}} = 0,545126 \quad m(MnSO_4) = 0,545126 \cdot 50g = 27,256g$$

$$\text{Zu 2: } w(MnSO_4) = \frac{m(MnSO_4)}{m(Lsg)} \Rightarrow m(Lsg) = \frac{m(MnSO_4)}{w(MnSO_4)} = \frac{27,256g}{0,2} = 136,28g$$

$$\text{Zu 3: } m(H_2O) = m(Lsg) - m(MnSO_4 \cdot 7H_2O) = 136,28g - 50g = 86,28g$$

4.1.

Nach dem Wasserentzug wiegt das Konzentrat noch 11,5 kg.

#### Rechenweg mit Formeln

Für das Verdünnen oder Konzentrieren durch Wasserzugabe bzw. Wasserentzug gilt:

$$m_1 w_1 = m_2 w_2$$

$$18,5kg \cdot 2,3\% = 11,5kg \cdot w_2$$

$$\Rightarrow w_2 = 3,7\%$$

Das Konzentrat besitzt  $w(\text{Protein}) = 3,7\%$

#### Rechenweg mit Dreisatz

Die Masse des gelösten Proteins bleibt beim konzentrieren unverändert.

2,3% der Masse der verdünnten Lösung entfallen auf Protein. Da die Lösung 18,5 kg wiegt, sind das 0,4255 kg Protein.

Nach dem Konzentrieren befindet sich diese Masse Protein, also 0,4255 kg in insgesamt 11,5 kg Lösung. Der neue prozentuale (d.h. bezogen auf 100 kg) Massenanteil beträgt also: => Dreisatz=>

$$0,4255 \text{ kg} \quad \square \quad 11,5 \text{ kg}$$

$$x \text{ kg} \quad \square \quad 100 \text{ kg} \quad \Rightarrow x = 3,7\text{kg}$$

=> Der prozentuale Massenanteil beträgt 3,7%

4.2.

Insgesamt benötigtes Volumen:  $V(Lsg) = 350 \mu L \cdot 300 + 5\% \text{ davon} = 105000 \mu L + 5250 \mu L = 110250 \mu L \square 110,25 \text{ mL}$

$$\square 0,11025 \text{ L}$$

#### Rechenweg mit Formeln

$$c(\text{Summetrin}) = \frac{n(\text{Summetrin})}{V(Lsg.)} \Rightarrow$$

$$n(\text{Summetrin}) = c(\text{Summetrin}) \cdot V(Lsg.) =$$

$$20 \cdot 10^{-6} \frac{mol}{L} \cdot 0,11025L = 2,205 \cdot 10^{-6} mol$$

Umrechnung in die Masse:

$$m(\text{Summetrin}) \approx 0,0516 \text{ g}$$

#### Rechenweg mit Dreisatz

Wenn in 1 L Lösung 20  $\mu\text{mol}$  Summetrin enthalten sind ( $c = 20 \mu\text{mol pro Liter}$ ), dann lässt sich mit dem Dreisatz berechnen, dass in 0,11025 L 2,205  $\mu\text{mol}$  enthalten sein müssen.

Wenn 1 mol Summetrin 23400 g entsprechen ( $M = 23400 \text{ g pro mol}$ ), dann entsprechen  $1,89 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$  der Masse 0,0516 g.

4.3.

Der Kerngedanke ist, dass Zugabe von Wasser zu einer Lösung die insgesamt gelöste Stoffmenge in der Flüssigkeit unverändert lässt.

a) Zuerst wird berechnet welche Masse und welche Stoffmenge  $\text{HNO}_3$  im Konzentrat vorliegt. Dazu muss zuerst das Volumen des Konzentrats (50 mL) mit der Dichte in eine Masse umgerechnet werden. Dann kann der Massenanteil zur Berechnung der enthaltenen Masse  $\text{HNO}_3$  genutzt werden. b) Aus der Stoffmenge an  $\text{HNO}_3$  und dem Volumen nach der Verdünnung kann die Stoffmengenkonzentration der verdünnten Lösung berechnet werden.

Zu a)

$$\rho(\text{Lsg}) = \frac{m(\text{Lsg})}{V(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{Lsg}) = \rho(\text{Lsg}) \cdot V(\text{Lsg.}) = 1,060 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot 50 \text{mL} = 53 \text{g}$$

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m(\text{Lsg.})} \Rightarrow$$

$$m(\text{HNO}_3) = w(\text{HNO}_3) \cdot m(\text{Lsg.}) = 0,1097 \cdot 53 \text{g} = 5,8141 \text{g}$$

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{5,8141 \text{g}}{63,013 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,09227 \text{mol}$$

Zu b)

$$c(\text{HNO}_3) = \frac{n(\text{HNO}_3)}{V(\text{Lsg.})} = \frac{0,09227 \text{mol}}{1,250 \text{L}} \approx 0,0738 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

#### 4.4

#### Berechnung von $c(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ in der Verdünnung

##### Rechenweg mit Mischungsgleichung

$c_1 V_1 = c_2 V_2$ , wobei  $V_2 = 20 \cdot V_1$  (zwanzigfaches Volumen) =>

$$c_1 V_1 = c_2 \cdot 20 \cdot V_1$$

$$c_2 = \frac{c_1 V_1}{20 V_1} = \frac{c_1}{20} = \frac{1,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{20} = 0,075 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

##### Berechnung von $w(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ im Konzentrat:

Rechenweg mit Formel

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{c(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{\rho(\text{Lsg.})} = \frac{1,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 105,989 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1145 \frac{\text{g}}{\text{L}}} \approx 0,13885$$

##### Rechenweg mit Verdünnungsfaktor F

Wenn man eine Lösung auf das zwanzigfache Volumen verdünnt, nimmt die Konzentration um das zwanzigfache ab.

$$c = c_{\text{konz}} \cdot \frac{1}{F} = 1,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \frac{1}{20} = 0,075 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Rechenweg mit Dreisatz

1 L Lösung wiegt 1145 g (mit Dichte berechnet) und enthält 1,5 mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (folgt aus  $c = 1,5$  mol pro Liter). 1 mol 105,989 g wiegen ( $M = 105,989$  g pro mol), dann wiegen 1,5 mol 159,9835 g. D.h. 1145 g Lösung enthalten 159,9835 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Mit dem Dreisatz kann man auf die gelöste Masse in 100 g Lösung runterrechnen, um den prozentualen Massenanteil auszurechnen.

$$\begin{array}{lll} 1145 \text{ g Lsg} & \sim 159,9835 \text{ g} & \text{Na}_2\text{CO}_3 \\ 100 \text{ g Lsg} & \sim 13,885 \text{ g} & \text{Na}_2\text{CO}_3 \Rightarrow w = 13,885\% \end{array}$$

##### Berechnung von $w(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ in der Verdünnung:

100 mL Lösung wiegen zum Beispiel 114,5 g (mit Dichte berechnet) und enthalten 13,885% dieser Masse an  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , nämlich 15,898 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Diese Lösung mit Wasser auf das 2000 mL verdünnt, es werden also näherungsweise ca.



1900 mL H<sub>2</sub>O zur Lösung gegeben, wenn man Volumeneffekte vernachlässigt. Die neue Lösung wiegt also 1900 g + 114,5 g = 2014,5 g. Mit m(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) und m(Lsg) nach verdünnen, kann der Massenanteil in der Verdünnung berechnet

werden:  $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(\text{Lsg})} = \frac{15,898\text{g}}{2014,5\text{g}} = 0,008$  (ca. 0,8%). Diese Rechnung ging von 100 mL Lösung aus.

Man hätte jedoch auch jedes andere Volumen wählen können, und würde zum gleichen Ergebnis kommen.

4.5.

**Rechenweg mit Mischungsgleichung**

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_2 \cdot V_2 \Rightarrow \beta_2 = \frac{\beta_1 \cdot V_1}{V_2} \Rightarrow$$

$$c_2 = \frac{80 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}} \cdot 40\text{mL}}{200\text{mL}} = 16 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}$$

**Rechenweg mit Verdünnungsfaktor F**

$$F = \frac{V_{\text{vor}}}{V_{\text{nach}}} = \frac{200\text{mL}}{40\text{mL}} = 5$$

Verdünnungsfaktoren F größer 1 bedeuten, dass die Lösung aufkonzentriert wurde.

$$\beta_{\text{vor}} = \frac{\beta_{\text{nach}}}{F} = \frac{80 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}}{5} = 16 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}$$

4.6.

Formel für geometrische Verdünnungsreihen:

$$c(\text{Zellen}) = F^n \cdot c_0(\text{Zellen}) \Rightarrow c_0(\text{Zellen}) = \frac{c(\text{Zellen})}{F^n} = \frac{250 \frac{\text{Zellen}}{\text{mL}}}{\left(\frac{1}{8}\right)^6} \approx 6,55 \cdot 10^7 \frac{\text{Zellen}}{\text{mL}}$$

4.7.

Formel für geometrische Verdünnungsreihen: [...]

$$c_0(\text{Zellen}) \approx 372009 \frac{\mu\text{mol}}{\text{L}} \approx 0,3720 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

4.8.

z.B. mit Mischungsgleichung:  $m_1 \cdot w_1 = m_2 \cdot w_2$ ; Die Masse nach Wasserentzug beträgt  $m_2 = 820\text{g} - 250\text{g} = 570\text{g}$

$$w_2 = \frac{m_1 \cdot w_1}{m_2} = \frac{820\text{g} \cdot 2,3\%}{570\text{g}} \approx 3,31\%$$

4.9.

Gesamtverdünnungsfaktor:  $F = 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 100 \cdot 100 = 1250000$

$$Z = 1250000 \cdot \frac{8\text{KbE}}{0,5\text{mL}} = 20 \cdot 10^6 \frac{\text{KbE}}{\text{mL}}$$

4.10

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_2 \cdot V_2 \Rightarrow 250\text{mL} \cdot 5 \frac{\text{g}}{\text{L}} = \beta_2 \cdot 40\text{mL} \Rightarrow \beta_2 = 31,25 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

4.11

Berechnung des Gehalts in der Ausgangslösung (in pmol/mL):

$$c(\text{Wirkstoff}) = \frac{n(\text{Wirkstoff})}{V(\text{Lsg})} = \frac{86,1 \text{ mmol}}{500 \text{ mL}} = \frac{86,1 \cdot 10^3 \mu\text{mol}}{500 \text{ mL}} = \frac{86,1 \cdot 10^6 \text{ nmol}}{500 \text{ mL}} = \frac{86,1 \cdot 10^9 \text{ pmol}}{500 \text{ mL}} = 7,722 \cdot 10^8 \frac{\text{pmol}}{\text{mL}}$$

Berechnung des Gehalts in der Ziellösung

Wenn man 7 mal hintereinander 1:10 verdünnt, so nimmt die Konzentration um den Faktor  $10^7$  ab:

$$c(\text{Wirkstoff}) = 7,722 \cdot 10^8 \text{ pmol/mL} : 10^7 = 77,22 \text{ pmol/mL}$$

**5.1.**

Umrechnung von  $\beta(\text{Salz})$  in  $w(\text{Salz})$

$$w(\text{Salz}) = \frac{m(\text{Salz})}{m(\text{Lsg})}$$
 Um  $w(\text{Salz})$  berechnen zu können, muss bekannt sein, welche Masse Salz in einer bestimmten

Masse an Lösung gelöst ist.

$$m(\text{Lsg}) = \rho(\text{Lsg}) \cdot V(\text{Lsg}) = 1,09 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot 115 \text{ mL} = 125,35 \text{ g} \quad (\text{Masse von 115 mL Lösung})$$

$$m(\text{Salz}) = \beta(\text{Salz}) \cdot V(\text{Lsg}) = 4 \frac{\text{g}}{100 \text{ mL}} \cdot 115 \text{ mL} = 4,6 \text{ g} \quad (\text{Gelöste Masse an Salz in 115 mL})$$

$$\Rightarrow w(\text{Salz}) = \frac{m(\text{Salz})}{m(\text{Lsg})} = \frac{4,6 \text{ g}}{125,35 \text{ g}} \approx 0,036697 \hat{=} 3,670\%$$

Mischungsgleichung:  $m_1 w_1 + m_2 w_2 = m_M w_M$

$$125,35 \text{ g} \cdot 0,036697 + 200 \text{ g} \cdot 0,110 = 325,35 \text{ g} \cdot w_M \Rightarrow w_M \approx 0,0818 \hat{=} 8,18\%$$

**5.2.**

Rechnen mit erweiterter Mischungsgleichung

$m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = m_M \cdot w_M$ ; außerdem gilt:  $m_M = m_1 + m_2$  (Die Massen der Lösungen addieren sich zur Gesamtmasse der Mischung)

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

$$0,1 m_1 + 0,25 \cdot 50 \text{ g} = (m_1 + 50 \text{ g}) \cdot 0,17 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,1 m_1 + 12,5 \text{ g} = 0,17 m_1 + 8,5 \text{ g} \Rightarrow$$

$$0,07 m_1 = 4,0 \text{ g}$$

$$m_1 \approx 57,14 \text{ g}$$

Es müssen 57,14 g der Kaliumchloridlösung mit  $w = 0,10$  mit 50 g der Kaliumchloridlösung mit  $w = 0,25$  gemischt werden.

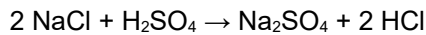
**5.3.**

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

$$40 \text{ g} \cdot 0,09 + 30 \text{ g} \cdot 0,24 = 70 \text{ g} \cdot w_M \Rightarrow$$

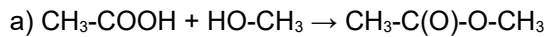
$$w_M \approx 0,154$$

**6.1.**



An den Koeffizienten der Reaktionsgleichung ist zu erkennen, dass halb so viel  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  entsteht, wie  $\text{NaCl}$  eingesetzt wird. Da also 1,282 mol  $\text{NaCl}$  (75 g) eingesetzt werden, entstehen 0,641 mol  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Umrechnung in die Masse:  $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4) \approx \underline{91,0 \text{ g}}$ .

6.2.



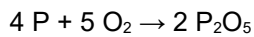
b) Umrechnung in die Stoffmenge  $\Rightarrow n(\text{CH}_3\text{OH}) = 1,560549 \text{ mol}$  [mit  $M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32,04 \text{ g/mol}$  (evtl. falscher Eintrag im Tabellenbuch)]

Wegen der Koeffizientenverhältnisse erwartet man, dass die gleiche Stoffmenge an Ester entsteht.  $n(\text{Ester}) = 1,560549 \text{ mol}$

Umrechnung in die Masse  $\Rightarrow m(\text{Ester}) \approx 115,61 \text{ g}$  [mit  $M(\text{Ester}) = 74,08 \text{ g/mol}$ ]

92 g sind 79,6% von 115,61 g. Ausbeute = 79,6%

6.3.



100 g  $\text{P}_2\text{O}_5 \approx 0,7045 \text{ mol}$

Wegen Koeffizientenverhältnisses:  $n(\text{P}) = 1,0409 \text{ mol P}$

Umrechnung in die Masse:  $m(\text{P}) \approx 43,6 \text{ g}$

**Lösungen zu Abschnitt 7 fehlen noch.**