

1. Aus einer Stammlösung mit  $\beta_0 = 50 \text{ mg/L}$  soll eine Verdünnungsreihe mit 4 Verdünnungen hergestellt werden. Zusammen sollen die 5 Lösungen (Stammlsg. + 4 Verdünnungen) den Konzentrationsbereich bis  $50 \text{ mg/L}$  gleichmäßig abdecken. Das benötigte Volumen von jeder Lösung beträgt  $20 \text{ mL}$ . Wie werden die Lösungen hergestellt?
2. Aus einer  $\text{Ca}^{2+}$ -Stammlösung sollen 8 Verdünnungen hergestellt werden. Diese 8 Lösungen sollen den Konzentrationsbereich bis  $\beta(\text{Ca}^{2+}) = 300 \text{ mg/L}$  gleichmäßig abdecken. Das benötigte Volumen von jeder Lösung beträgt  $100 \text{ mL}$ . Die pipettierten Volumina der Stammlösung sollen  $5 \text{ mL}$  oder Vielfache davon sein [WARUM??].
  - a) Legen Sie die Gehalte der 8 Verdünnungen fest und bestimmen Sie zusätzlich den Gehalt einer Stammlsg., aus der dann die 8 Verdünnungen hergestellt werden können. Berechnen Sie die einzusetzenden Pipettierolumina für jede Verdünnung.
  - b) Die Stammlösung soll aus Calciumchlorid-Hexahydrat ( $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) hergestellt werden. Wie gehen Sie vor, wenn Sie eine kleine Volumenreserve einplanen? (Rechnung + Herstellung).
3. Eine Farbstofflösung besitzt das Volumen  $100 \text{ mL}$ . Vor der fotom. Bestimmung wurden  $5 \text{ mL}$  dieser Lösung auf insgesamt  $10 \text{ mL}$  mit Wasser verdünnt. Die Absorbanz dieser verdünnten Lsg. beträgt  $A = 0,900$ . Der Zusammenhang zwischen Absorbanz (y-Achse) und Massenkonzentration (x-Achse in  $\text{mg/L}$ ) lautet  $y = 0,0596 \cdot x - 0,6315$ . Berechnen Sie die Massenkonzentration der Probelösung.
4. Eine Probelösung zeigt eine Absorbanz von  $A \approx 1,3$ . Daraus soll durch Verdünnung in einer Küvette eine Lösung hergestellt werden die unter gleichen Bedingungen eine Absorbanz von  $A \approx 0,6$  zeigt. Wie gehen Sie vor?
5. Eine Medikamentenlösung besitzt den Gehalt  $\beta_1(\text{Med}) = 6750 \text{ }\mu\text{g/L}$  und  $\beta_1(\text{NaCl}) = 300 \text{ mg/L}$ . Durch Mischen mit einer Kochsalzlösung mit  $\beta_2(\text{NaCl}) = 20 \text{ g/L}$  sollen  $200 \text{ mL}$  einer Verdünnung mit  $\beta(\text{NaCl}) = 9 \text{ g/L}$  hergestellt werden.
  - a) Welche Volumina der beiden Lösungen sind einzusetzen?
  - b) Wie hoch ist die Medikamentenkonzentration in der Verdünnung?
6. Für eine Messung werden  $100 \text{ mL}$  einer Paracetamol-Stammlösung von  $25 \text{ mg/L}$  benötigt. Die Einwaage an Paracetamol soll aus Genauigkeitsgründen zwischen  $100$  und  $300 \text{ mg}$  liegen. Zur Verfügung stehende folgende Volumenmessgeräte: Messkolben:  $50 \text{ mL}$ ,  $100 \text{ mL}$ ,  $250 \text{ mL}$ ,  $500 \text{ mL}$ , Vollpipetten:  $10 \text{ mL}$ ,  $20 \text{ mL}$ ,  $25 \text{ mL}$ ,  $50 \text{ mL}$ . Geben Sie mindestens 3 verschiedene Möglichkeiten an, die gewünschte Lösung herzustellen.
7. Aus einer Kaliumsulfat-Stammlösung mit einem Gehalt von  $c(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol/L}$ , sollen mindestens  $200 \text{ mL}$  einer Lösung mit einer Massenkonzentration an Kalium von  $\beta(\text{K}^+) = 150,00 \text{ mg/L}$  hergestellt werden. Wie gehen Sie in der Praxis vor, um die gewünschte Lösung herzustellen? Für die Herstellung sind neben Vollpipetten ( $5 \text{ mL}$ ,  $10 \text{ mL}$ ,  $20 \text{ mL}$ ,  $25 \text{ mL}$ ,  $50 \text{ mL}$ ) und Messkolben ( $10 \text{ mL}$ ,  $50 \text{ mL}$ ,  $100 \text{ mL}$ ,  $200 \text{ mL}$ ,  $250 \text{ mL}$ ,  $500 \text{ mL}$ ,  $1 \text{ L}$ ) auch Kolbenhubpipetten zugelassen.
8. Eine Fructoselösung mit  $c(\text{Fructose}) = 1,5 \text{ mol/L}$  wird 1:50 mit Wasser verdünnt (Verdünnungsfaktor  $F = 0,02$ ). Berechnen Sie den Massenanteil und die Massenkonzentration der verdünnten Lsg., wenn die Dichte der verdünnten Lösung  $\rho = 1,083 \text{ g/mL}$  beträgt.
9. Eine Glucoselösung besitzt in  $100 \text{ g}$  Lösung  $5 \text{ g}$  gelöste Glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ). Daraus soll eine Lösung mit  $w(\text{Glucose}) = 10\%$  hergestellt werden. Dies kann auf 3 unterschiedliche Weisen geschehen: A. Zugabe von Glucose. B. Zugabe von Glucose-Monohydrat. C. Entzug von Wasser (Einengen).
  - a) Welche Masse Glucose muss zur Lösung gegeben werden?
  - b) Welche Masse Glucose-Monohydrat muss zur Lösung gegeben werden?
  - c) Welche Masse Wasser muss durch Einengen der Lösung entfernt werden?

## Musterlösungen – ohne Gewähr

Nr. 1

Konzentrationen der Verdünnungen: 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L. Das jeweils benötigte Volumen an Stammlösung kann z.B. mit der Mischungsgleichung berechnet werden:

$$\beta_{\text{Stamm}} \cdot V_{\text{Stamm}} = \beta_{\text{Verdünnung}} \cdot V_{\text{Verdünnung}} \Rightarrow$$

$$V_{\text{Stamm}} = \frac{\beta_{\text{Verdünnung}} \cdot V_{\text{Verdünnung}}}{\beta_{\text{Stamm}}} \Rightarrow$$

$$V_{\text{Stamm}} = \frac{\beta_{\text{Verdünnung}} \cdot 20 \text{ mL}}{50 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

Bezeichnung	$\beta$ in mg/L	benötigtes Volumen an Stammlösung in mL	
Stammlösung	50	-	jeweils auffüllen auf 20 mL
Verdünnung 1	40	16	
Verdünnung 2	30	12	
Verdünnung 3	20	8	
Verdünnung 4	10	4	

Nr. 2

Zuerst legt man die Gehalte der Verdünnungen fest: Da 8 Lösungen hergestellt werden müssen, gilt für die Gehaltsschrittweite:  $300 \text{ mg/L} : 8 = 37,5 \text{ mg/L}$ .

Die dünnste der Verdünnungen besitzt  $\beta = 37,5 \text{ mg/L}$ , sie soll entstehen durch pipettieren von 5 mL Stammlösung und auffüllen auf 100 mL. D.h. die Stammlösung ist  $100/5 = 20$  mal konzentrierter. Gehalt der Stammlösung:  $\beta(\text{Ca}^{2+}) = 20 \cdot 37,5 \text{ mg/L} = 750 \text{ mg/L}$ .

Bezeichnung	$\beta(\text{Ca}^{2+})$ in mg/L	benötigtes Volumen an Stammlösung in mL
Stammlösung	750	z.B. 200 mL oder 250 mL (um daraus alle anderen Verdünnungen herstellen zu können incl. Sicherheitsreserve)
Verdünnung 1	300	40 mL (auf 100 mL auffüllen)
Verdünnung 2	262,5	35 mL (auf 100 mL auffüllen)
Verdünnung 3	225	30 mL (auf 100 mL auffüllen)
Verdünnung 4	187,5	25 mL (auf 100 mL auffüllen)
Verdünnung 5	150	20 mL (auf 100 mL auffüllen)
Verdünnung 6	112,5	15 mL (auf 100 mL auffüllen)
Verdünnung 7	75	10 mL (auf 100 mL auffüllen)
Verdünnung 8	37,5	5 mL (auf 100 mL auffüllen)

### Herstellung von 200 mL Stammlösung:

Berechnung der insgesamt enthaltenen Masse an  $\text{Ca}^{2+}$ :

$$\beta(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{V(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{Ca}^{2+}) = \beta(\text{Ca}^{2+}) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,7 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,14 \text{ g}.$$

Daraus kann in die Stoffmenge  $n(\text{Ca}^{2+})$  umgerechnet werden:

$$n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca}^{2+})} = \frac{0,14 \text{ g}}{40,078 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,003493188 \text{ mol}$$

Diese Stoffmenge wird auch an  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  benötigt, da 1  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -Teilchen genau 1  $\text{Ca}^{2+}$  liefert:

$$n(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \approx 0,003493188 \text{ mol}$$

Umrechnung in die Masse:

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,003493188 \text{ mol} \cdot 219,075 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 0,7653 \text{ g}$$

Diese Masse muss eingewogen und auf ein Gesamtvolumen von 200 mL gelöst werden.

Nr. 3

Zuerst wird in die Geradengleichung eingesetzt, um die Konzentration der verdünnten Lösung zu berechnen:

$$0,900 = 0,0596 \cdot x - 0,6315 \Rightarrow x \approx 25,6963 \text{ mg/L}$$

Berücksichtigung der Verdünnung

Die ursprüngliche Lösung war doppelt so konzentriert, da 5 mL auf 10 mL verdünnt wurden.  $\Rightarrow \beta = 51,4$  mg/L (Gehalt der unverdünnten Probelösung)

Nr. 4

Die Absorbanzen sind nach dem Lambert-Beerschen Gesetz proportional zur Konzentration. Wie bei Konzentrationen kann man also direkt Verdünnungsfaktoren berechnen.

Die Lösung um den Faktor  $\frac{1,3}{0,6} \approx 2,167$  verdünnt werden. z.B. kann man 1 mL Lösung mit ca. 1,17 mL Lösungsmittel in der Küvette verdünnt werden (Gesamtvolumen  $\approx 2,17$  mL). ODER 10 mL :  $2,167 \approx 4,61$  mL Konzentrat mit Lösungsmittel auf ein Gesamtvolumen von 10 mL verdünnen.

Nr. 5

a) Mischungsgleichung:

$$\beta_1(\text{NaCl}) \cdot V_1 + \beta_2(\text{NaCl}) \cdot V_2 = \beta_M(\text{NaCl}) \cdot V_{\text{gesamt}} \quad . \text{ Mit } V_1 = V_{\text{gesamt}} - V_2 \text{ folgt}$$

$$\beta_1(\text{NaCl}) \cdot (V_{\text{gesamt}} - V_2) + \beta_2(\text{NaCl}) \cdot V_2 = \beta_M(\text{NaCl}) \cdot V_{\text{gesamt}} \quad \text{einsetzen: alle } \beta \text{ in g/L, alle Volumina in mL}$$

$$0,3 \cdot (200 - V_2) + 20 \cdot V_2 = 9 \cdot 200 \Rightarrow 60 - 0,3 V_2 + 20 V_2 = 1800 \Rightarrow 19,7 V_2 = 1740 \Rightarrow V_2 \approx 88,3 \text{ mL}$$

$$V_1 = 200 \text{ mL} - 88,3 \text{ mL} \approx 111,7 \text{ mL}$$

Es werden 111,7 mL der Medikamentenlösung mit 88,3 mL der Kochsalzlösung gemischt. Diese Rechnung vernachlässigt streng genommen allerdings die Volumenkontraktion, diese ist beim Mischen verdünnter wässriger Lösungen jedoch nahezu Null.

b) Berechnung der Medikamentenkonzentration mit der Mischungsgleichung:

Der Gehalt an Medikament ist in einer Lösung  $\beta = 0 \mu\text{g/L}$ , so dass gilt (wie für das Verdünnen mit Wasser):  $\beta_1 V_1 = \beta_2 V_2$

$$\Rightarrow 6750 \mu\text{g/L} \cdot 111,7 \text{ mL} = \beta_2 \cdot 200 \text{ mL} \Rightarrow \beta_2 \approx 3770 \mu\text{g/L}$$

Nr. 6

Da am Ende  $\beta = 25 \text{ mg/L}$  benötigt wird, es es hilfreich eine Masse einzuwiegen, bei der die Zahlenkombination 25 auftaucht (oder ganzzahlige Vielfache davon oder halbe oder viertel Werte): 25,50,100,250,5000 aber z.B. auch 125. So ergeben sich in der Regel dann glatte Verdünnungsfaktoren wie etwa  $F = 10$ ,  $F = 100$ ,  $F = 20$  o.ä. und nicht

krumme Werte wie z.B.  $F = 33,33333$ . Solche krummen Werte führen meist zu krummen Volumina, für die keine Vollpipetten vorhanden sind. BEISPIELE

- Einwaage von 250 mg und lösen auf 500 mL.  $\Rightarrow \beta = 500 \text{ mg/L}$ . Diese Lösung muss noch um den Faktor  $F = 500 \text{ mg/L} : 25 \text{ mg/L} = 20$  verdünnt werden. Von der Lösung können also 5 mL entnommen werden und auf ein Gesamtvolumen von 100 mL verdünnt werden. Es resultiert  $\beta = 25 \text{ mg/L}$ .
- Einwaage von 125 mg und lösen auf 500 mL.  $\Rightarrow \beta = 250 \text{ mg/L}$ . Diese Lösung muss noch um den Faktor  $F = 250 \text{ mg/L} : 25 \text{ mg/L} = 10$  verdünnt werden. Also kann 10 mL der Lösung nehmen und auf 100 mL auffüllen ( $\beta = 500 \text{ mg/L}$ ).
- Einwaage von 125 mg und lösen auf 100 mL.  $\Rightarrow \beta = 1250 \text{ mg/L}$ . Diese Lösung muss noch um den Faktor  $F = 1250 \text{ mg/L} : 25 \text{ mg/L} = 50$  verdünnt werden. Also z.B. 5 mL der Lösung auf 250 mL Gesamtvolumen verdünnen.

Nr. 7

Da die Umrechnung von der Stoffmengenkonzentration auf die Massenkonzentration bestimmt ein krummes Ergebnis in mg/L ergibt (Molare Massen sind fast immer krumm), ist ziemlich sicher, dass bei dieser Aufgabe krumme Volumina pipettiert werden müssen. Zwischen der Istkonzentration  $\beta_{\text{ist}}$  und der Wunschkonzentration  $\beta_{\text{soll}} = 150 \text{ mg/L}$  wird also höchstwahrscheinlich kein ganzzahliger Zusammenhang existieren, so dass krumme Verdünnungsfaktoren resultieren. So wird man mit Vollpipetten und Messkolben allein, eine solche Lösung nicht herstellen können.

#### Umrechnung in $\beta(\text{K}^+)$

$c(\text{K}^+) = 2 \text{ mol/L}$  (da 1  $\text{K}_2\text{SO}_4$ -Teilchen 2  $\text{K}^+$  ergibt).

$\beta(\text{K}^+) = c(\text{K}^+) \cdot M(\text{K}^+) \approx 2 \text{ mol/L} \cdot 39,0983 \text{ g/mol} \approx 78,1966 \text{ g/L}$

#### Anwendung der Mischungsgleichung

$\beta_1 V_1 = \beta_2 V_2 \Rightarrow 78,1966 \text{ g/L} \cdot V_1 = 0,15 \text{ g/L} \cdot 200 \text{ mL} \Rightarrow V_1 \approx 0,384 \text{ mL}$  (384  $\mu\text{L}$ )

Es müssen 384  $\mu\text{L}$  auf 200 mL Gesamtvolumen verdünnt werden.

Nr. 8

fehlt noch. selber rechnen und Mitschüler konsultieren.

Nr. 9

Selber groß! Selber rechnen! Freunde fragen, ob Sie richtig gerechnet haben.