

Verdünnungsaufgaben aus dem Laboralltag

1. Aus einer Stammlösung mit $\beta_0 = 50 \text{ mg/L}$ soll eine Verdünnungsreihe mit 4 Verdünnungen hergestellt werden. Zusammen sollen die 5 Lösungen den Konzentrationsbereich $0 \text{ mg/L} - 50 \text{ mg/L}$ gleichmäßig abdecken. Das benötigte Volumen von jeder Lösung beträgt 20 mL .
2. Aus Calciumchlorid-Hexahydrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) soll eine Verdünnungsreihe mit insgesamt 8 Lösungen hergestellt werden, die den Konzentrationsbereich $\beta(\text{Ca}^{2+}) = 0 \text{ mg/L}$ bis $\beta(\text{Ca}^{2+}) = 300 \text{ mg/L}$ abdecken. Das benötigte Volumen von jeder Lösung beträgt 100 mL . Wie gehen Sie in der Praxis vor?
3. Eine Farbstofflösung besitzt das Volumen 100 mL . Vor der fotometrischen Bestimmung wurden 5 mL dieser Lösung auf insgesamt 10 mL mit Wasser verdünnt. Die Absorbanz der verdünnten Lösung beträgt $A = 0,900$. Der Zusammenhang zwischen Absorbanz (y-Achse) und Massenkonzentration (x-Achse in mg/L) beträgt $y = 0,0596 \cdot x - 0,6315$. 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 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 mL einer Paracetamol-Stammlösung von 25 mg/L benötigt. Die Einwaage an Paracetamol soll aus Genauigkeitsgründen zwischen 100 und 300 mg liegen. Zur Verfügung stehende folgende Volumenmessgeräte: Messkolben: 50 mL , 100 mL , 250 mL , 500 mL , Vollpipetten: 10 mL , 20 mL , 25 mL , 50 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 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 mL , 10 mL , 20 mL , 25 mL , 50 mL) und Messkolben (10 mL , 50 mL , 100 mL , 200 mL , 250 mL , 500 mL , 1 L). auch Kolbenhubpipetten zugelassen.

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	β 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

Typischerweise wird aus dem Feststoff erst eine Stammlösung hergestellt, deren Gehalt der höchsten benötigten Konzentration entspricht, in diesem Fall also $\beta = 300 \text{ mg/L}$. Aus dieser Stammlösung werden nun alle anderen Konzentrationen durch Verdünnen hergestellt.

Um zu entscheiden welches Volumen an Stammlösung anzusetzen ist, muss zuvor ermittelt werden, welches Volumen dieser zur Herstellung der Verdünnungen benötigt wird.

Da insgesamt 8 Lösungen (Stammlsg. + 7 Verdünnungen) hergestellt werden müssen, gilt für die Gehaltsschrittweite: $300 \text{ mg/L} : 8 = 37,5 \text{ mg/L}$. Das benötigte Volumen an Stammlösung kann z.B. mit der Mischungsgleichung berechnet werden. Alternativ kann man sich auch die Schrittweite der Volumina berechnen: $100 \text{ mL} : 8 = 12,5 \text{ mL}$

Bezeichnung	$\beta(\text{Ca}^{2+})$ in mg/L	benötigtes Volumen an Stammlösung in mL	
Stammlösung	300	100 mL (sollen noch Herstellung der Verdünnungen noch vorhanden sein)	jeweils auffüllen auf 100 mL
Verdünnung 1	262,5	87,5 mL	
Verdünnung 2	225	75 mL	
Verdünnung 3	187,5	62,5 mL	
Verdünnung 4	150	50 mL	
Verdünnung 5	112,5	37,5 mL	
Verdünnung 6	75	25 mL	
Verdünnung 7	37,5	12,5 mL	
insgesamt benötigtes Stammlsg.:	Volumen an	450 mL	

Da man etwas mehr Lösung herstellen sollte, weil man immer etwas Verlust hat, bietet es sich an, insgesamt etwas mehr Volumen an Stammlösung, also 500 mL.

Herstellung von 500 mL Stammlösung:

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

$$\beta(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{V(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{Ca}^{2+}) = \beta(\text{Ca}^{2+}) \cdot V(\text{Lsg}) = 0,3 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,5 \text{L} = 0,15 \text{g}$$

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

$$n(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M(\text{Ca}^{2+})} = \frac{0,15 \text{g}}{40,078 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,0037427 \text{mol}$$

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 Ca^{2+} liefert:

$$n(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \approx 0,0037427 \text{ mol}$$

Umrechnung in die Masse

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,0037427 \text{mol} \cdot 219,075 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 0,8199 \text{g}$$

Diese Masse muss eingewogen und auf ein Gesamtvolumen von 500 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.
 $\Rightarrow \beta = 51,4 \text{ mg/L}$ (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 $\approx 2,17 \text{ mL}$). ODER 10 mL : 2,167 $\approx 4,61 \text{ mL}$ Konzentrat mit Lösungsmittel auf ein Gesamtvolumen von 10 mL verdünnen.

Nr. 5

a) Mischungsgleichung:

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

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

$$0,3 \cdot (V_2 - 200) + 20 \cdot V_2 = 9 \cdot 200 \Rightarrow 0,3V_2 - 60 + 20V_2 = 1800 \Rightarrow V_2 \approx 91,6 \text{ mL}$$

$$V_1 = 200 \text{ mL} - 91,6 \text{ mL} \approx 108,4 \text{ mL}$$

Es werden 108,4 mL der Medikamentenlösung mit 91,6 mL der Kochsalzlösung gemischt. Diese Rechnung vernachlässigt streng genommen allerdings die Volumenkontraktion, diese ist bei 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): $\beta_1 V_1 = \beta_2 V_2$

$$\Rightarrow 6750 \mu\text{g/L} \cdot 108,4 \text{ mL} = \beta_2 \cdot 200 \text{ mL} \Rightarrow \beta_2 \approx 3659 \mu\text{g/L}$$

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 ($\beta = 250 \text{ mg/L}$).
- 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 β_{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 K_2SO_4 -Teilchen 2 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

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

Es müssen 384 μL auf 200 mL Gesamtvolumen verdünnt werden.