Verdünnungsaufgaben aus dem Laboralltag

C1BL

CC BY NC SA
↓: laborberufe.de

1. Grundlegende Aufgaben

1.1 Aus einer Stammlösung mit β_0 = 50 mg/L soll eine Verdünnungsreihe mit 4 Verdünnungen hergestellt werden. Zusammen sollen die 5 Lösungen den Konzentrationsbereich bis 50 mg/L gleichmäßig abdecken. Das benötigte Volumen von jeder Lösung beträgt 20 mL. Wie werden die Lösungen hergestellt?

1.2 Aus einer Ca^{2+}-Stammlösung sollen 8 Verdünnungen hergestellt werden. Diese 8 Lösungen sollen den Konzentrationsbereich bis $\beta(Ca^{2+})$ = 300 mg/L gleichmäßig abdecken. Das benötigte Volumen von jeder Lösung beträgt 100 mL. Die pipettierten Volumina der Stammlösung sollen 5 mL oder Vielfache davon sein *[WARUM?]*. Lernvideo zur Aufgabe: https://youtu.be/-i3zqbxw2Hs

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 jeweils einzusetzenden Pipettiervolumina.

b) Die Stammlösung soll aus Calciumchlorid-Hexahydrat ($CaCl_2 \cdot 6H_2O$) hergestellt werden. Wie gehen Sie vor, wenn Sie eine kleine Volumenreserve einplanen? (Rechnung + Herstellung).

1.3 Verschiedene Labordialekte. In unterschiedlichen Betrieben oder Vorschriften sind unterschiedliche Bezeichnungen, die das Verdünnen betreffen, angegeben. Wie lautet jeweils der Verdünnungsfaktor F *(nach unserer Definition)*? Welche Angaben sind missverständlich und welche durch den Kontext eindeutig? Wie kann man die Aussage ggf. eindeutiger formulieren? Bei welchen Aufgaben lässt sich kein Verdünnungsfaktor F angeben? Annahme: Es treten keine Volumeneffekte auf.

a) *„Eine Lösung wird 1 zu 1 mit Wasser gemischt“*

b) *„Eine Lösung wird mit Faktor 50 verdünnt.“*

c) *„Eine Lösung wird im Verhältnis 2 zu 3 mit Wasser gemischt.“*

d) *„Eine Lösung wird 1 zu 5 mit Wasser verdünnt.“*

e) *„Eine Lösung wird 3 zu 4 mit Wasser gemischt“*

f) *„5 Volumenteile der Lösung werden mit 8 Volumenteile Lösungsmittel gemischt.“*

g) *„10 g der Lösung werden auf 100 mL verdünnt.“*

1.4 Platz für evtl. folgende neue Aufgaben.

1.5 Eine Medikamentenlösung besitzt β_1(Med) = 6750 µg/L und β_1(NaCl) = 300 mg/L. Durch Mischen mit einer Kochsalzlösung mit β_2(NaCl) = 20 g/L sollen 200 mL einer Verdünnung mit β(NaCl)= 9 g/L hergestellt werden.

a) Welche Volumina der beiden Lösungen sind einzusetzen?

b) Wie hoch in die Medikamentenkonzentration in der Verdünnung?

1.6 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.

1.7 Aus einer Kaliumsulfat-Lsg mit $c(K_2SO_4)$ = 1 mol/L, sollen mindestens 200 mL einer Lösung mit einer Massenkonzentration an Kalium von $\beta(K^+)$ = 150,00 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.

1.8 Eine Fructoselösung ($C_6H_{12}O_6$) mit c(Fructose) = 1,5 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 ρ = 1,083 g/mL beträgt. (*ähnlich Prüfungsaufg. aus Abschlussprüf. Teil 1 für BL, Sommer 2015)*.

1.9 Aus einer *Phloroglucin*-Stammlösung sollen jeweils 2000 µL folgender Verdünnungsstufen hergestellt werden: 150 mg/L, 175 mg/L, 200 mg/L und 225 mg/L. *Hinweis: Die Herstellung soll mit einer Mikroliterpipette mit variabel einstellbarem Volumen erfolgen, d.h. sie kann alle ganzzahligen µL-Werte im Bereich (5 – 1000 µL) pipettieren* . Diese Aufgabe wird auch in einem Lernvideo besprochen: https://youtu.be/-i3zqbxw2Hs

a) Welche Massenkonzentration schlagen Sie für die Stammlösung vor und wie werden die Lösungen hergestellt?

b) Wie wird das erforderliche Volumen der Stammlösung aus *Phloroglucin-Dihydrat*, *M* = 162,11 g/mol hergestellt?

2. Aufgabenüberschuss (z.B. aus Klassenarbeiten) – weitere Aufgaben u.U. auf online-Version auf laborberufe.de

2.1 Aus einer Wirkstofflösung mit c(Wirkstoff) = 5 mol/L sollen über eine fortgesetzte Verdünnungsreihe 500 µL einer Lösung mit c(Wirkstoff) = 25 µmol/L hergestellt werden. Die zu pipettierenden Volumina sollen nicht kleiner als 50 µL sein. Wie gehen Sie vor?

2.2 Aus einer $FeCl_3$-Stammlösung sollen mit 20 mL-Pipetten jeweils 250 mL folgender Massenkonzentrationen β($FeCl_3$) hergestellt werden. 25,5 mg/L, 51 mg/L und 76,5 mg/L.

a) Welche Massenkonzentration β($FeCl_3$) muss die Stammlösung besitzen und wie werden die einzelnen Lösungen daraus hergestellt?

b) Wie wird die Stammlösung aus $FeCl_3$-Hexahydrat hergestellt, wenn man einen vernünftigen Überschuss einplant?

c) Alternativ kann die Stammlösung auch aus einer anderen $FeCl_3$-Lösung mit c = 500 mM hergestellt werden. Wie gehen Sie vor?

2.3 Aus einer konzentrierten Salzsäure mit c(HCl) = 33% sollen genau 2000 mL mit c(HCl) = 1 mol/L hergestellt werden. Hinweis:

Die Dichten der Start- und Ziellösung sind unbekannt und nicht 1 kg/L!. Wie wird die Lösung hergestellt?

Lösungen unter www.laborberufe.de

Musterlösungen – ohne Gewähr

Nr. 1.1

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:

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

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

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

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. 1.2

Zu dieser Aufgabe gibt es auch ein Lernvideo: https://youtu.be/-i3zqbxw2Hs

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

Die dünnste der Verdünnungen besitzt β = 37,5 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: $\beta(Ca^{2+}) = 20 \cdot 37{,}5$ mg/L = 750 mg/L.

Bezeichnung	**$\beta(Ca^{2+})$ 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 Ca^{2+}:

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

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

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

Diese Stoffmenge wird auch an $CaCl_2{\cdot}6H_2O$ benötigt, da 1 $CaCl_2{\cdot}6H_2O$-Teilchen genau 1 Ca^{2+} liefert:

n($CaCl_2{\cdot}6H_2O$) ≈ 0,003493188 mol

Umrechnung in die Masse:

$$m(CaCl_2{\cdot}6\,H_2O)=n(CaCl_2{\cdot}6\,H_2O)\cdot M(CaCl_2{\cdot}6\,H_2O)=0{,}003493188\,mol\cdot 219{,}075\,\frac{g}{mol}\approx 0{,}7653\,g$$

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

Nr. 1.3

a) $F=1:2=\frac{1}{2}=0{,}5$

b) Wenn bei einer Verdünnungsaufgabe ein Verdünnungsfaktor von über 50 angegeben ist, kann man daraus schließen, dass hier der Verdünnungsfaktor umgekehrt definiert wurde. Dies ist auch nicht falsch und genau so üblich. In unserer Definition ist das $F=1:50=\frac{1}{50}=0{,}02$

c) Da hier von „Verhältnis“ die Rede ist, ist ein Mischungsverhältnis gemeint. 2 Volumenteile Lösung wurden mit 3 Volumenteilen Wasser gemischt. Dabei entstanden 5 Volumenteile Gemisch. $F=2:5=\frac{2}{5}=0{,}4\ oder\ F=1:2{,}5$

d) Eigentlich sollte man sich darauf verlassen können, dass hier kein Mischungsverhältnis sondern ein Verdünnungsfaktor angegeben ist. F = 1 : 5. Wenn möglich kann man hier zur Sicherheit auch Rückfragen.

e) Da hier das Wort „mischen“ benutzt wird, ist die Angabe hier weniger eindeutig. Man achte darauf, dass man sich präzise und unmissverständlich ausdrückt. Solche Angaben sollen vermieden werden. Es sollte zumindest das Wort „Verhältnis“ auftauchen. Es ist wahrschienlich gemeint: F = 3 : 7 ≈ 0,42857

f) F = 5 /13

g) Da hier kein bestimmtes Anfangsvolumen angegeben ist, kann man kein F angeben. 10 g können beispielsweise 13 mL oder oder auch 9 mL sein. In beiden Fällen resultieren unterschiedliche F.

Nr. 1.4

-

Nr. 1.5

a) Mischungsgleichung:

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

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

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

V_1= 200 mL − 88,3 mL ≈ 111,7 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 β = 0 µg/L, so dass gilt (wie für das Verdünnen mit Wasser): $\beta_1V_1 = \beta_2V_2$

=> 6750 µg/L · 111,7 mL = β_2 · 200 mL => β_2 ≈ 3770 µg/L

Nr. 1.6

Da am Ende β = 25 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 Vedünnungsfaktoren 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. => β = 500 mg/L. Diese Lösung muss noch um den Faktor F = 500 mg/L : 25 mg/L = 20 verdünnt werden. Von der Lösung können also 5 mL rentnommen werden und auf ein Gesamvolumen von 100 mL verdünnt werden.Es resultiert β = 25 mg/L.
- Einwaage von 125 mg und lösen auf 500 mL. => β = 250 mg/L. Diese Lösung muss noch um den Faktor F = 250 mg/L : 25 mg/L = 10 verdünnt werden. Also kann 10 mL der Lösung nehmen und auf 100 mL aufüllen (β = 500 mg/L).
- Einwaage von 125 mg und lösen auf 100 mL. => β = 1250 mg/L. Diese Lösung muss noch um den Faktor F = 1250 mg/L : 25 mg/L = 50 verdünnt werden. Also z.B. 5 mL der Lösung auf 250 mL Gesamtvolumen verdünnen.

Nr. 1.7

Da die Umrechnung von der Stoffmengenkonzentration auf die Massenkonzentration bestimmt ein krummes Ergbnis in mg/L ergibt (Molare Massen sind fast immer krumm), ist ziemlich sicher, dass bei dieser Aufgabe krumme Voulmina pipettiert werden müssen. Zwischen der Istkonzentration β_{ist} und der Wunschkonzentration β_{soll} = 150 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 β(K^+)

$c(K^+)$ = 2 mol/L (da 1 K_2SO_4-Teilchen2 K^+ ergibt).

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

Anwendung der Mischungsgleichung

$\beta_1 V_1 = \beta_2 V_2$ => 78,1966 g/L· V_1 = 0,15 g/L · 200 mL => $V_1 \approx 0{,}384$ mL (≙ 384 µL)

Es müssen 384 µL auf 200 mL Gesamtvolumen verdünnt werden.

Nr. 1.8 Fructoselösung verdünnen

M(Fruc) = 180,2 g/mol

$\beta_{Konzentrat}$(Fruc) = 270,3 g/L

$\beta_{Verdünnung}$(Fruc) = 5,406 g/L

Mit Umrech. w ↔ β (auf Tabellenblatt das Kleingedruckte hierzu beachten): $w_{Verdünnung}$(Fruc) = 0,00499 = 0,499%

Nr. 1.9

Zu dieser Aufgabe gibt es auch ein Lernvideo: https://youtu.be/-i3zqbxw2Hs

Die Verdünnungsstufen unterscheiden sich gerade um 25 mg/L voneinander. Diese Konzentrationsdifferenz muss gerade der Pipettiervolumenschrittweite entsprechen, hier wird z.B. 100 µL gewählt (andere Schrittweiten sind aber auch zulässig)

- Würde man 100 µL Stammlösung pipettieren, müsste die Konzentration z.B. von 0 mg/L auf 25 mg/L steigen.
- Pipettiert man z.B . ein mal mehr als bei der 150 mg/L-Verdünnung, so steigt die Konzentration um 25 mg/L auf 175 mg/L.

Mit der Verdünnungsgleichung kann man nun berechnen:

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_M \cdot V_M \Rightarrow \beta_1 \cdot 100\,\mu L = 25\,\frac{mg}{L} \cdot 2000\,\mu L \Rightarrow \beta_1 = 500\,mg/L$$ Die Stammlsg. muss β= 500 mg/L besitzen.

Einzusetzendes Volumen für die 150 mg/L:

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_M \cdot V_M \Rightarrow 500\,\frac{mg}{L} \cdot V_1 = 150\,\frac{mg}{L} \cdot 2000\,\mu L \Rightarrow V_1 = 600\,\mu L$$

Pipettierschema

Verdünnungsstufe in mg/L	**V(Stammlsg.) in µL**	**V(Lösungsmittel) in µL**

150	600	1400
175	700	1300
200	800	1200
225	900	1100

Es werden 3000 µL Stammlösung benötigt. Mit Sicherheitsreserve z.B. 5000 µL, dies ist auch eine gänginge Messkolbengröße. Da die Konzentration 500 Milligramm pro Liter beträgt, werden in diesen 5 mL 2,5 Milligramm benötigt.

Umrechnung in eine Masse:

Das wasserfreie Phloroglucin hat eine molare Masse von M = 162,11 g/mol – 2 · 18 g/mol ≈ 126,11 g/mol. 2,5 Mililgramm entsprechen also einer Stoffmenge von 0,000019824 mol. Es werden also auch 0,00019824 mol Phloroglucin-Dihydrat benötigt. Das sind ca. 3,2 Milligramm. Wenn einem das zu wenig ist, zum präzisen Einwiegen, muss man z.B. die Fünffache Masse auf 25 mL auffüllen, also 16,0 Milligramm ad 25 mL.

2.1 fortgesetzte Verdünnung eines Wirkstoffs

Schätzung von n: Da F > 1:10 sein muss (z.B. 1:8), wird n ca. 6 sein,

$$c = F^n \cdot c_0 \Rightarrow F = \sqrt[6]{\frac{25\,\mu M}{5 \cdot 10^6\,\mu M}} \approx 0{,}130766 \qquad F = \frac{V_{vor}}{V_{nach}} \Rightarrow V_{vor} = 0{,}130766 \cdot 500\,\mu L \approx 65{,}38\,\mu L$$

6 mal hintereinander 65,38 µL ad 500 µL verdünnen. Nach jedem Schritt gut mischen.

2.2 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

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_2 \cdot V_2 \Rightarrow \beta_1 \cdot 20\,mL = 25{,}5\,\frac{mg}{L} \cdot 250\,mL \Rightarrow \beta_1 = 318{,}75\,\frac{mg}{L}$$ (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 $FeCl_3$. Das sind $2{,}947749 \cdot 10^{-4}$ mol. Dieselbe Stoffmenge wird auch von $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (M = 270,3 g/mol) benötigt. Das sind 0,079677 g. Herstellung: 79,7 mg $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ad 150 mL lösen (für 200 mL Lsg.: 106,2 mg)

c) $c(FeCl_3) = \frac{\beta}{M} = \frac{318{,}75\,\frac{mg}{L}}{162{,}2\,\frac{mg}{mmol}} \approx 1{,}965\,mM$; $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 500\,mM \cdot V_1 = 1{,}965\,mM \cdot 150\,mL \Rightarrow V_1 = 0{,}5895\,mL$

589,5 µL mit H_2O auf 150 mL verdünnen. (für 200 mL: 786 µL)

2.3 Konzentrierte Salzsäure

Denken Sie daran, dass man in Messkolben auch etwas einwiegen kann, indem man ihn auf die Waage stellt.

Lösungsschritte:

1. Man kann ausrechnen, wie viel mol HCl in 2 Liter der Ziellösung enthalten sind müssen. Das kann man dann mit der molaren Masse von HCl in eine Masse umformen.
2. Es handelt sich um die Masse HCl, die in der Ziellösung gelöst ist.
3. Hätte man reines HCl zur Verüfugung würde man diese Masse direkt in den Messkolben einwiegen. Unsere Ausgangslösung ist aber 33%ig, d.h. nur ca. 1/3 der Masse entfällt auf HCl. Entsprechend muss man mehr einwiegen.

Ergebnis: Ca. 221,00 g der Salzsäure in einen 2-L-Messkolben einwiegen ***(in den schon etwas Wasser vorgelegt wurde, denn „Nicht das Wasser in die Säure, sonst geschieht das Ungeheure“)*** und dann bis zur Marke mit H_2O verdünnen.