

**Einführungsaufgabe:** Aus einer Wirkstofflösung mit  $\beta(\text{WS}) = 50 \text{ }^{\circ}/\text{L}$ , sollen 2 mL einer Injektionslösung mit  $\beta(\text{Wirkstoff}) = 25 \text{ }^{\circ}/\text{L}$  hergestellt werden. Berechnen Sie mit dem Verdünnungsfaktor (F), wie die Lösung durch einfaches Verdünnen hergestellt werden muss. Wo ist das Problem?

### 1. Mit variablem Verdünnungsfaktor

**1.1** Berechnen Sie, wie die Lösung aus der *Einführungsaufgabe* hergestellt werden kann, wenn das Mindestpipettiervolumen aus Genauigkeitsgründen 50  $\mu\text{L}$  betragen soll.

**1.2** Aus einer Natriumsulfatlösung mit  $c(\text{Na}^+) = 2 \text{ }^{\text{mol}}/\text{L}$  sollen 100 mL mit  $c(\text{Na}^+) = 5 \text{ }^{\text{mmol}}/\text{L}$  hergestellt werden. Zur Herstellung stehen Vollpipetten ( $5 \geq \text{mL}$ ) und Messpipette (bis 10 mL) zur Verfügung.

**1.3** Eine Bakterienkultur wurde zwei 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 ( $\text{KbE}/\text{mL}$ ) in der Ausgangskultur? (ähnlich Abschlussprüfung Teil 1 für BL, 2015)

### 2. Mit konstantem Verdünnungsfaktor

$$F = \frac{V \text{ vor Verdünnen}}{V \text{ nach Verdünnen}}; \text{ bei Massenanteilen: } F = \frac{m_{\text{vor}}}{m_{\text{nach}}}$$

$$c(X) = F^n \cdot c_0(X)$$

**Anm.:** Die Gleichung gilt sinngemäß auch für andere Gehaltsangaben:  $\beta(X)$ ,  $\sigma(X)$ ,  $w(X)$ , Zellgehalt etc.

X: gelöster Stoff

F: Verdünnungsfaktor. z.B.  $F = 1/3 = 0,3333$  bedeutet: 1 Teil Konzentrat auf insgesamt 3 Teile auffüllen.

$c(X)$ : Stoffmengenkonzentration von X in der Verdünnung

$c_0(X)$ : Anfangskonzentration von X (im Konzentrat)

n: Anzahl der Verdünnungsschritte

**2.1** Eine Medikamentenlösung der Konzentration  $c(\text{Med}) = 2 \text{ }^{\text{mol}}/\text{L}$  wird in einer Verdünnungsreihe jeweils hintereinander mit  $F = 1:2$  ( $= 0,5$ ) verdünnt. Welche Konzentrationen haben die Lösungen der ersten drei Verdünnungsschritte?

**2.2** Aus der 0,5molaren Stammlösung eines Medikaments sollen über eine 4-stufige Verdünnungsreihe 3 mL einer Injektionslösung der Konzentration  $c(X) = 12,3 \text{ }^{\mu\text{mol}}/\text{L}$  hergestellt werden.

a) Welche Volumina (Lösung;  $\text{H}_2\text{O}$ ) werden bei jedem Schritt eingesetzt?

b) Welches Volumen Stammlsg. müsste man einsetzen, um die Ziellsg. in einem Verdünnungsschritt herzustellen?

**2.3** „Potenzieren“ heißt eine Methode zur Herstellung von „Arzneimitteln“ in der Homöopathie. Mit der Potenzierung C13 ist beispielsweise gemeint, dass 13 mal hintereinander 1:100 verdünnt wird..

a) Berechnen Sie die Konzentration des „C13-Arzneimittels“, wenn der Ausgangsstoff  $c(\text{WS}) = 15 \text{ mol/L}$  besitzt (extrem hohe Ausgangskonzentration).

b) Berechnen Sie die Anzahl der Moleküle in der C13-Stufe in 1000 mL Lösung.

Hinweis für c)

c) (**Prädikat:** schwierig aber lehrreich!) Ab welchem Verdünnungsschritt sinkt die Anzahl der Moleküle unter 1 pro mL? (Tipps: Rechnen Sie erst in  $c(\text{WS})$  um; siehe Hinweis rechts.)

$$a^n = b \Rightarrow n = \frac{\lg b}{\lg a}$$

**2.4** Von einem Wirkstoff wird aus der Masse  $m = 1,9 \text{ g}$  150 mL Stammlösung hergestellt. Sie dient als Ausgangslösung für eine Verdünnungsreihe, wobei das Verdünnungsfaktor bei jeder Stufe 1:4 (Volumen Ausgangslösung : Gesamtvolumen) beträgt. Wie groß ist die Massenkonzentration  $\beta(\text{Wirkstoff})$  in  $\mu\text{g}/\text{mL}$  nach der 9. Verdünnungsstufe? (Aufgabenstellung ähnlich einer Aufgabe aus Zwischenprüfung BL, 1998, Aufgabensatz 2.)

**2.5** Aus einer Ausgangslösung wurde in einer 5-schrittigen geometrischen Verdünnungsreihe mit  $F = 1 : 2$  eine verdünnte Lösung mit  $\beta(X) = 0,3 \text{ }^{\circ}/\text{L}$  hergestellt. Welche Konzentration hatte die Ausgangslösung?

**2.6** Eine Ammoniumacetat-Lösung ( $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ ) hat einen Massenanteil von  $w = 25\%$ . Aus der Ausgangslösung und Wasser sollen in einer 3-schrittigen fortgesetzten Verdünnungsreihe  $m = 5 \text{ g}$  einer 0,2%igen Lösung hergestellt werden. Berechnen Sie die Massenanteile nach jedem Verdünnungsschritt.

**2.7** Aus einer Atropin-Stammlösung mit  $\beta = 2,2 \text{ }^{\circ}/\text{L}$  sollen durch eine Verdünnungsreihe für eine Infusion  $V = 5000 \mu\text{L}$  einer Lösung hergestellt werden, die insgesamt 30  $\mu\text{g}$  Atropin enthalten. Geben Sie an, wie die Lösung über eine Verdünnungsreihe mittels fortgesetztem Verdünnen hergestellt werden kann (Rechnung + stichwortartige Beschreibung der Herstellung). Die zu pipettierenden Volumina sollen größer als 500  $\mu\text{L}$  sein. Innerhalb dieser Rahmenbedingung ist die Anzahl der Verdünnungsschritte frei wählbar.  $M(\text{Atropin}) = 289,369 \text{ }^{\circ}/\text{mol}$ .

**2.8** Eine Ausgangslösung besitzt einen Hilfsstoffgehalt von  $15,4 \text{ }^{\circ}/\text{L}$ . Die Hilfsstoffe stören ab einem Gehalt von 1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  den Nachweis. Wie oft muss die Lösung geometrisch mit dem Faktor  $F = 1:4$  verdünnt werden, dass die Hilfsstoffkonzentration unter diese Grenze sinkt? (ähnlich Prüfungsaufgabe Abschlussprüfung Teil 1 für BL, 2019)

**2.9** Nachdem eine Zellsuspension 5 mal hintereinander mit dem Faktor  $F = 1 : 4$  (0,25) verdünnt wurde, besitzt sie einen Zellzahl von 45 Zellen/ $\mu\text{L}$ . Berechnen Sie die Zellzahl in der unverdünnten Lösung in Zellen/ $\mu\text{L}$ . (ähnlich Prüfungsaufgabe Abschlussprüfung Teil 1 für BL, 2020)

**2.10** Eine Bakteriensuspension wird 6 mal hintereinander mit dem Faktor 1:5 verdünnt. Plattiert man anschließend 150 µL aus, so kann man 95 KBE zählen. Berechnen Sie den KBE-Zahl pro Milliliter in der Ausgangslösung. (ähnlich Prüfungsaufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für BL, 2022)

**3. Ankreuzaufgaben in Anlehnung an Prüfungsaufgaben**

<p><b>3.1</b> Eine Ausgangslösung besitzt die Konzentration 500 µmol/L. Sie wird in einer geometrischen Verdünnungsreihe 10 mal mit dem Verdünnungsfaktor 1:4 (Faktor = 0,25) verdünnt. Berechnen Sie den Endgehalt [ähnlich regelmäßig wiederkehrender Aufgabe, z.B. 2022]</p> <p>Ⓐ 3,13 µM          Ⓑ 12,5 mM          Ⓒ 12,5 µM          Ⓓ <math>1,91 \cdot 10^{-4}</math> µM          Ⓔ <math>1,19 \cdot 10^{-4}</math> µM          Ⓕ <math>4,77 \cdot 10^{-4}</math> µM</p>	<p><b>3.2</b> Eine Zellsuspension wurde in einer geometrischen Verdünnungsreihe 12 mal hintereinander mit dem Faktor 1:2 (0,5) verdünnt. Anschließend lag der Zellgehalt bei 45000 Zellen pro mL. Berechnen Sie den Zellgehalt der Ausgangssuspension. [ähnlich regelmäßig wiederkehrender Aufgabe, z.B. 2022]</p> <p>Ⓐ <math>184 \cdot 10^3</math> Zellen/µL          Ⓑ <math>18,4 \cdot 10^3</math> Zellen/µL          Ⓒ <math>1,84 \cdot 10^3</math> Zellen/µL          Ⓓ <math>5,43 \cdot 10^6</math> Zellen/mL          Ⓔ <math>54,3 \cdot 10^4</math> Zellen/µL          Ⓕ <math>5,43 \cdot 10^4</math> Zellen/mL</p>
<p><b>3.3</b> Eine Ausgangslösung besitzt den Gehalt von <math>\beta = 5</math> mg/mL. Ab welchem Verdünnungsschritt sinkt in einer geometrischen Verdünnungsreihe mit einem Verdünnungsverhältnis 1:5 (F = 0,2) der Gehalt unter eine kritische Konzentration unter <math>\beta = 20</math> µg/L? [ähnlich regelmäßig wiederkehrender Aufgabe, z.B. 2019]</p> <p>Ⓐ schon von Beginn an          Ⓑ 1. Schritt          Ⓒ 7. Schritt          Ⓓ 8. Schritt          Ⓔ 9. Schritt          Ⓕ 10. Schritt</p>	<p><b>3.4</b> 10,0 Gramm eines Zellkonzentrats werden in 250 mL suspendiert. Die Suspension wurde in einer geometrischen Verdünnungsreihe 6 mal hintereinander mit dem Faktor F = 1:5 verdünnt. Anschließend betrug der Zellgehalt 119 Zellen/µL. Berechnen Sie den Zellgehalt des Zellkonzentrats in Zellen/g. (ähnlich Prüfungsaufgabe aus Abschlussprüfung Teil 1 für BL, 2024)</p> <p>Ⓐ <math>4,0 \cdot 10^6</math> Zellen/g          Ⓑ <math>4,6 \cdot 10^6</math> Zellen/g          Ⓒ <math>2,3 \cdot 10^9</math> Zellen/g          Ⓓ <math>9,3 \cdot 10^9</math> Zellen/g          Ⓔ <math>2,3 \cdot 10^{10}</math> Zellen/g          Ⓕ <math>4,6 \cdot 10^{10}</math> Zellen/g</p>
<p><b>3.5</b> 25 g eines Wirkstoffs werden auf 500 mL gelöst. Die Lösung wird 8 mal hintereinander fortgesetzt (= „geometrisch“) 1:5 verdünnt. Berechnen Sie den anschließenden Gehalt. (ähnlich Prüfungsaufgabe Winter2024)</p> <p>Ⓐ 128 ng/mL          Ⓑ 1,28 µg/mL          Ⓒ 12,8 µg/mL          Ⓓ 1,95 mg/mL          Ⓔ 19,5 µg/mL          Ⓕ 195 ng/mL</p>	

**Lösungen:** 1.1 fehlt noch; 1.2 fehlt noch; 1.3  $1,75 \cdot 10^{10}$  KBE/mL ; 2.1. 1 mol/L, 0,5 mol/L, 0,25 mol/L; 2.2a)  $F = 0,070426 = 1/14,19928$ ; 2.2b)  $V_{\text{Lösung}} = 0,211$  mL,  $V_{\text{H}_2\text{O}} = 2,789$  mL; 2.2c)  $7,38 \cdot 10^3$  mL; 2.3a) ...; 2.3b) ... Moleküle; 2.3c) ...; 2.4. 0,0483 µg/mL; 2.5. 9,6 g/L; 2.6.  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 4\text{g}$ ,  $m_{\text{Lösung}} = 1\text{g}$ ,  $w_1 = 5\%$ ,  $w_2 = 1\%$ ,  $w_3 = 0,2\%$ ; 2.7. z.B. bei 3 Verdünnungsschritten: 698,6 µL der jeweils vorangegangenen Lösung ; 2.8. n = 7; 2.9 fehlt noch; 2.10 fehlt noch

**Rechenwege (ohne Gewähr)**

## Aufgabe 1.1

fehlt noch

## Aufgabe 1.2

fehlt noch

## Aufgabe 1.3

Gesamtverdünnungsfaktor:  $F = (10^{-3})^2 \cdot (10^{-1})^2 = 10^{-8}$ .

zg = Zellgehalt                      KbE: Kolonienbildende Einheiten

$$zg = F^1 \cdot zg_0 \Rightarrow \frac{35 \text{ KbE}}{0,2 \text{ mL}} = 10^{-8} \cdot zg_0 \Rightarrow zg = 1,75 \cdot 10^{10} \frac{\text{KbE}}{\text{mL}}$$

Da die Verdünnungsfaktoren alle zu einem Gesamtverdünnungsfaktor zusammengefasst werden, geht man von  $n = 1$  aus.

## Aufgabe 2.1

$$c(\text{Med}) = F^n \cdot c_0(X)$$

$$c_1(\text{Med}) = \left(\frac{1}{2}\right)^1 \cdot 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_2(\text{Med}) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_3(\text{Med}) = \left(\frac{1}{2}\right)^3 \cdot 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,25 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

## Aufgabe 2.2

$$\text{a) } c(\text{Med}) = F^n \cdot c_0(\text{Med}) \Rightarrow F = \sqrt[n]{\frac{c(\text{Med})}{c_0(\text{Med})}}$$

gegeben:  $c_0(X) = 0,5 \text{ mol/L}$ ;  $c(X) = 12,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$ ;  $n = 4$ 

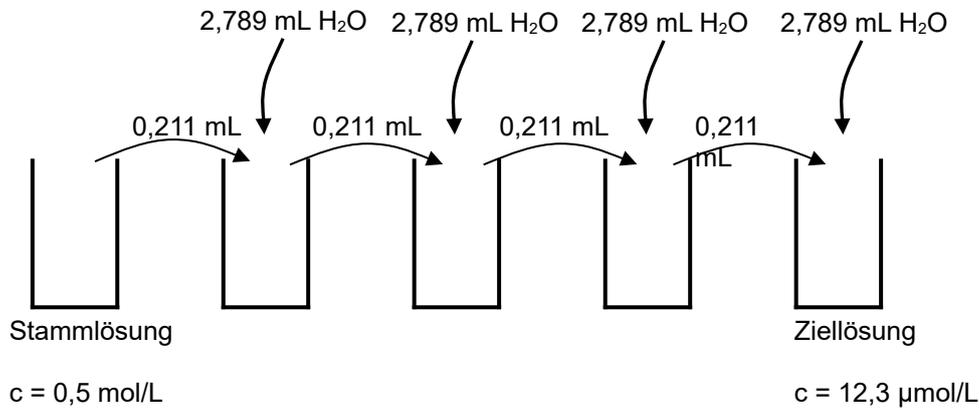
$$F = \sqrt[4]{\frac{12,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}} = 0,070426 \Rightarrow F = 0,070426 = 1/14,19928$$

$$F = \frac{V_{\text{konz}}}{V_{\text{gesamt}}} \Rightarrow V_{\text{konz}} = F \cdot V_{\text{gesamt}}$$

gegeben:  $V_{\text{gesamt}} = 3 \text{ mL}$ 

$$V_{\text{konz}} = 0,070426 \cdot 3 \text{ mL} \approx 0,211 \text{ mL}$$

Zu pipettierendes Volumen an Lösungsmittel:  $V(\text{H}_2\text{O}) = 3 \text{ mL} - 0,211 \text{ mL} = 2,789 \text{ mL}$



$$c) c(\text{Med}) = F \cdot c_0(\text{Med}) \Rightarrow F = \frac{c(\text{Med})}{c_0(\text{Med})} = \frac{12,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 2,46 \cdot 10^{-5}$$

$$F = \frac{V_{\text{konz}}}{V_{\text{gesamt}}} \Rightarrow V_{\text{konz}} = F \cdot V_{\text{gesamt}} \Rightarrow V_{\text{konz}} = 2,46 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \text{mL} \approx 7,38 \cdot 10^{-5} \text{mL}$$

Fazit: Das Volumen für die 1-schrittige Verdünnung ist so klein, dass es mit einer Pipette nicht mehr pipettiert werden kann. Die 4-schrittige Verdünnungsreihe ist praktikabel, verbraucht aber mehr an Stammlösung.

### Aufgabe 2.3

gegeben: Verdünnung: 1/100  $\Rightarrow F = 1:100 = 0,01$

$$n = 13$$

$$a) c(\text{Med}) = F^n \cdot c_0(\text{Med}) \Rightarrow c(\text{Med}) = 0,01^{13} \cdot 15 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 1,5 \cdot 10^{-25} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$b) c(\text{Med}) = \frac{n(\text{Med})}{V(\text{Med})} \Rightarrow n(\text{Med}) = c(\text{Med}) \cdot V(\text{Med}) = 1,5 \cdot 10^{-25} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 1 \text{L} = 1,5 \cdot 10^{-25} \text{mol}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \text{ (AVOGADRO-Konstante)}$$

$$N = N_A \cdot n(\text{Med}) = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \cdot 1,5 \cdot 10^{-25} \text{mol} \approx 0,090 ; \text{ statistisch: kleine Bruchteile eines Moleküls!}$$

c) 1 Molekül pro mL  $\Rightarrow$  1000 Moleküle pro L.

Umrechnung in eine Stoffmenge (in mol)

$$n(\text{Med}) = \frac{N}{N_A} = \frac{1000}{6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}} = 1,660578 \cdot 10^{-21} \text{mol}$$

$\Rightarrow c(\text{Med}) = 1,660578 \cdot 10^{-21} \text{ mol/L}$  (entspricht 1 Teilchen auf 1 mL)

$$c(\text{Med}) = F^n \cdot c_0(\text{Med}) \text{ (nach n auflösen!)}$$

**MÖGLICHKEIT A:** erst nach n auflösen, dann einsetzen

$$\frac{c(\text{Med})}{c_0(\text{Med})} = F^n \Rightarrow n = \log_F \left( \frac{c(\text{Med})}{c_0(\text{Med})} \right) \text{ (Logarithmus zur Basis F)}$$

Umformung mittels Logarithmus-Gesetzes:

$$n = \log_F \left( \frac{c(\text{Med})}{c_0(\text{Med})} \right) = \frac{\lg \frac{c(\text{Med})}{c_0(\text{Med})}}{\lg F} \quad (\text{„lg“: Logarithmus zur Basis 10, dekadischer Log.})$$

einsetzen:

$$n = \frac{\lg \frac{1,660578 \cdot 10^{-21} \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{15 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}}{\lg 0,01} = 10,9779$$

Möglichkeit B: erst einsetzen, dann nach n auflösen

$$1,660578 \cdot 10^{-21} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,01^n \cdot 15 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow 0,01^n = 1,107052 \cdot 10^{-22}$$

$$n = \log_{0,01} (1,107052 \cdot 10^{-22})$$

Umformung mit Logarithmus-Gesetz

$$n = \frac{\lg(1,107052 \cdot 10^{-22})}{\lg 0,01} = 10,9779 \quad (\text{„lg“ steht für dekadischen Logarithmus})$$

**Fazit:** Ab der 11. Verdünnungsstufe sinkt die Konzentration auf unter 1 Molekül pro mL. Homöopathen argumentieren, dass auch dann eine Wirkung gegeben ist, wenn statistisch keine Wirkstoffmoleküle vorhanden sind. Ihre Argumentation: Die Wirkstoffmoleküle geben beim Verdünnen ihre Wirkung an die Lösungsmittelmoleküle ab! Auch wenn statistisch keine Wirkstoffmoleküle vorhanden sind, so sind doch deren „Schatten“ noch im Lösungsmittel.

#### Aufgabe 2.4

Berechnung der Massenkonzentration der Stammlösung

Möglichkeit A: Formel

$$\beta(\text{Wirkstoff}) = \frac{m(\text{Wirkstoff})}{V(\text{Lsg.})} = \frac{1,9 \text{ g}}{0,150 \text{ L}} = 12,6 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Möglichkeit B: Dreisatz

$$150 \text{ mL} \quad \sim \quad 1,9 \text{ g}$$

$$1000 \text{ mL} \quad \sim \quad x$$

$$x = \frac{1000 \text{ mL}}{150 \text{ mL}} \cdot 1,9 = 12,6 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Berechnung der Massenkonzentration nach Verdünnen

$$\beta(\text{Wirkstoff}) = F^n \cdot \beta_0(\text{Wirkstoff})$$

gegeben: Verdünnung:  $F = 1/4$

$$n = 9$$

$$\beta_0 = 12,6 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\beta(\text{Wirkstoff}) = \left( \frac{1}{4} \right)^9 \cdot 12,6 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 4,83195 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Umrechnung in  $\mu\text{g}/\text{mL}$

$$4,83195 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{L}} = 4,83195 \cdot 10^{-5} \frac{10^6 \mu\text{g}}{10^3 \text{ mL}} = 0,0483 \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}$$

## Aufgabe 2.5

$$\beta(\text{Stoff}) = F^n \cdot \beta_0(\text{Stoff}) \Rightarrow \beta_0(\text{Stoff}) = \frac{\beta(\text{Stoff})}{F^n} = \frac{0,3 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{\left(\frac{1}{2}\right)^5} = \frac{0,3 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{\frac{1}{32}} = 9,6 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

## Aufgabe 2.6

$$w(\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}) = F^n \cdot w_0(\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}) \Rightarrow F = \sqrt[n]{\frac{w(\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO})}{w_0(\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO})}} = \sqrt[3]{\frac{0,2\%}{25\%}} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$w_1(\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}) = \left(\frac{1}{5}\right)^1 \cdot 25\% = 5\%$$

$$w_2(\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}) = \left(\frac{1}{5}\right)^2 \cdot 25\% = 1\%$$

$$w_3(\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}) = \left(\frac{1}{5}\right)^3 \cdot 25\% = 0,2\%$$

## Nr. 2.7

$$\beta(\text{Atropin}) = \frac{m(\text{Atropin})}{V(\text{Lsg.})} = \frac{30 \cdot 10^{-6} \text{g}}{5000 \cdot 10^{-6} \text{L}} = 0,006 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\beta(\text{Atropin}) = F^n \cdot \beta_0(\text{Atropin}) \Rightarrow$$

$$F^n = \frac{0,006 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{2,2 \frac{\text{g}}{\text{L}}} = 0,0027$$

n (frei gewählt)	$F = \sqrt[n]{0,0027}$	$V_{\text{vor}} = F \cdot V_{\text{nach}}$
2	0,05222329679	261,12 $\mu\text{L}$ => nicht geeignet, da $V < 500 \mu\text{L}$ (vgl. Aufgabenstellung)
3	0,1397149426	698,57 $\mu\text{L}$
4	0,2285241711	1142,62 $\mu\text{L}$
5	0,3737846205	1868,92 $\mu\text{L}$

Die Lösung kann z.B. über eine 3-schrittige Verdünnungsreihe hergestellt werden. 698,6  $\mu\text{L}$  der Stammlösung werden vorgelegt und auf 5000  $\mu\text{L}$  verdünnt. Von dieser Lösung werden ebenfalls 698,6  $\mu\text{L}$  entnommen und wiederum auf 5000  $\mu\text{L}$  verdünnt. Aus diesem 2. Verdünnungsschritt wird die Ziellösung hergestellt, indem 698,6  $\mu\text{L}$  in ein Gefäß pipettiert und wieder auf 5000  $\mu\text{L}$  aufgefüllt werden.

## Nr. 9

Wenn man das Rechnen mit dem Logarithmus meiden will, fängt man bei 15400  $\mu\text{g}/\text{mL}$  an und teilt ständig durch 4. Man merkt sich wie oft man teilen muss, bis man 1  $\mu\text{g}/\text{L}$  unterschreitet.

<b>n</b>	15400	µg/mL
<b>1</b>	3850	µg/mL
<b>2</b>	962,5	µg/mL
<b>3</b>	240,625	µg/mL
<b>4</b>	60,15625	µg/mL
<b>5</b>	15,0390625	µg/mL
<b>6</b>	3,759765625	µg/mL
<b>7</b>	0,939941406	µg/mL