

1. Grundlegende Aufgaben

1.1 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 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 $\beta(\text{Ca}^{2+}) = 300 \text{ mg/L}$ gleichmäßig abdecken. Das benötigte Volumen von jeder Lösung beträgt 100 mL . Die pipettierten Volumina der Stammlösung sollen 5 mL oder Vielfache davon sein [WARUM???]. Diese Aufgabe wird auch in einem Lernvideo besprochen: <https://youtu.be/-i3zqbxw2Hs>

- 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.
- 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).

1.3 bis 1.5: fehlt noch

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 $c(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol/L}$, 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.

1.8 Eine Fructoselösung ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 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.

1.9 Aus einer *Phloroglucin*-Stammlösung sollen jeweils $2000 \mu\text{L}$ 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 ($5 - 1000 \mu\text{L}$) pipettieren. Diese Aufgabe wird auch in einem Lernvideo besprochen: <https://youtu.be/-i3zqbxw2Hs>

- Welche Massenkonzentration schlagen Sie für die Stammlösung vor und wie werden die Lösungen hergestellt?
- Wie wird das erforderliche Volumen der Stammlösung aus *Phloroglucin-Dihydrat*, $M = 162,11 \text{ g/mol}$ hergestellt?

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

2.1 Aus einer Natriumchlorid-Stammlösung sollen jeweils 100 mL mit $c = 60 \text{ mmol/L}$, 80 mmol/L und 100 mmol/L hergestellt werden. Die Herstellung soll ausschließlich mit Vollpipetten üblicher Volumina (5 mL , 10 mL , 20 mL , 25 mL , 50 mL) hergestellt werden. Welche Konzentration kann die Stammlösung haben und wie wird sie aus reinem NaCl hergestellt (incl. kleinem Reservevolumen)?

2.2 Aus einer FeCl_3 -Stammlösung sollen mit 20 mL -Pipetten jeweils 250 mL folgender Massenkonzentrationen $\beta(\text{FeCl}_3)$ hergestellt werden. $25,5 \text{ mg/L}$, 51 mg/L und $76,5 \text{ mg/L}$.

- Welche Massenkonzentration $\beta(\text{FeCl}_3)$ muss die Stammlösung besitzen und wie werden die einzelnen Lösungen daraus hergestellt?
- Wie wird die Stammlösung aus $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hergestellt, wenn man einen vernünftigen Überschuss einplant?
- Alternativ kann die Stammlösung auch aus einer anderen FeCl_3 -Lösung mit $c = 500 \text{ mM}$ hergestellt werden. Wie gehen Sie vor?

2.3 Aus einer konz. Salzsäure mit $c(\text{HCl}) = 33\%$ sollen genau 2000 mL mit $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$ hergestellt werden. Hinweis: Die Dichten der Start- und Ziellösung sind unbekannt und (selbstverständlich) nicht 1 kg/L ! Wie wird die Lösung hergestellt?

Tipps zum Lösen der Aufgaben

Tipps zu 1.6

Die Lösung kann nicht direkt hergestellt werden, denn um 100 mL Lösung herzustellen, müssten 2,5 mg eingewogen werden. Dies ist laut Aufgabenstellung nicht erlaubt, weil die Einwaage zwischen 100 und 300 mg liegen muss (aus Genauigkeitsgründen).

Auch eine Erhöhung des Volumens ist nicht zielführend, denn der größte zur Verfügung stehende Messkolben besitzt 500 mL. Hierfür wäre eine Einwaage von 12,5 mg erforderlich, was immer noch zu wenig ist.

Fazit: Sie müssen erst mal ein Konzentrat herstellen. Diese Lösung wird dann anschließend gezielt auf den gewünschten Gehalt verdünnt.

Tipp: Es bietet sich an, einen **Gehalt für das Konzentrat** zu wählen, der um einen „**glatten**“ Faktor höher konzentriert ist, als der Gehalt der Ziellösung. Grund: Dadurch erreicht man, dass beim anschließenden Verdünnen runde Volumen zum Pipettieren, zu denen es Vollpipetten gibt.

Beispiele

- Konzentrat mit **250 mg/L** herstellen, also **10** mal konzentrierter. Diese Lösung müsste dann **1:10** verdünnt werden.
- Konzentrat mit **125 mg/L**, also **5** mal konzentrierter. Diese Lösung müsste dann **1:5** verdünnt werden.

Welche Pipetten genutzt werden, müssten Sie mit dem Verdünnungsfaktor (z.B. 1:10 oder 1:5) ODER der Verdünnungsformel selbst herleiten können. Wenn Sie das nicht wissen sollten

- Lernskript zum Mischungsrechnen: http://www.laborberufe.de/c1bl_wopla/Skript_Mischungsrechnen_C1BL.pdf
- Lernvideo: Rechnen mit dem Verdünnungsfaktor: <https://youtu.be/C-1UCtqtm3o>

Tipps zu 1.7

Die Ausgangslösung besitzt die Gehaltsangabe $c(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol/L}$. Die Ziellösung besitzt die Gehaltsangabe $\beta(\text{K}^+) = 150,00 \text{ mg/L}$. Beide Gehaltsangaben unterscheiden sich also. Bevor wir uns um das Verdünnen kümmern, müssen wir erst dafür sorgen, dass diese beiden Gehaltsangaben identisch gemacht werden.

ENTWEDER: Sie berechnen, welche $c(\text{K}_2\text{SO}_4)$ eine Lösung mit $\beta(\text{K}^+) = 150,00 \text{ mg/L}$ besitzt.

ODER: Sie berechnen, welche $\beta(\text{K}^+)$ eine Lösung mit $c(\text{K}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol/L}$ besitzt.

Wie geht das? UMRECHNUNG VON DER EINEN GEHALTSANGABE IN DIE ANDERE

Die Formeln für das Umrechnen von Gehaltsangaben finden Sie auf dem Formelblatt. Ausschnitt:

Umrechnung von Gehaltsangaben

$$c(X) = \frac{\beta(X)}{M(X)} \quad \mathbf{6}$$

Umrechnungsformel von $\beta(X) \rightarrow c(X)$

Beachten Sie, dass in der Form überall X steht. X ist nahezu frei wählbar. Sie dürfen niemals innerhalb der Formel das X wechseln, z.B.

$$\cancel{c(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{\beta(\text{K}^+)}{M(\text{K}_2\text{SO}_4)}} \quad (\text{wäre falsch!})$$

Es stellt sich also die Frage wie man dann überhaupt K_2SO_4 -Gehalte in K^+ -Gehalte oder umgekehrt umrechnen kann. Hierfür nutzt man die Zahlenverhältnisse der Verbindung: In 1 K_2SO_4 -Teilchen stecken 2 K^+ -Teilchen oder als Reaktionsgleichung gedacht: $1 \text{ K}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{ K}^+ + 2 \text{ SO}_4^{2-}$

Eine Lösung die z.B. pro Liter 1 mol K_2SO_4 enthält, beinhaltet damit pro Liter 2 mol K^+ . $c(K_2SO_4) = 1 \text{ mol/L}$ entspricht $c(K^+) = 2 \text{ mol/L}$. Die Umrechnung von $c(K^+)$ in $\beta(K^+)$ kann nun mit der Umrechnungsformel (Formel Nr. 6, *siehe oben*) erfolgen.

Will man $\beta(K^+) = 150,00 \text{ mg/L}$ in $c(K_2SO_4)$ umrechnen, so muss man zuerst $c(K^+)$ mit Formel Nr. 6 berechnen. Dann kann man wegen der Zahlenverhältnisse herleiten, dass $c(K_2SO_4)$ halb so groß ist wie $c(K^+)$, denn pro Teilchen K_2SO_4 sind 2 K^+ enthalten.

Wenn man die beiden Gehaltsgrößen gleichnamig gemacht hat, kann man mit der Verdünnungsformel oder über dem Verdünnungsfaktor weiter rechnen also z.B. Formel Nr. 11 auf dem Formelblatt.

Tipps zu 1.8

Zuerst wird hier ausgerechnet, wie groß die Stoffmengenkonzentration (c) in der Verdünnung ist. Das kann man mit dem Verdünnungsfaktor berechnen.

- Lernvideo: Rechnen mit dem Verdünnungsfaktor: <https://youtu.be/C-1UCtqtm3o>

Anschließend muss man die Stoffmengenkonzentration (c) in die Massenkonzentration (β) und in den Massenanteil (w) umformen. Das erfolgt mit den Formeln 7 und 8 vom Formelblatt:

Umrechnung von
Gehaltsangaben

$$c(X) = \frac{\beta(X)}{M(X)} \quad \mathbf{6}$$

Umrechnungsformel von $\beta(X) \leftrightarrow c(X)$

$$\beta(X) = w(X) \cdot \rho(Lsg) \quad \mathbf{7}$$

Bei $\beta(X)$ und $\rho(Lsg)$: auf gleiche Einheit achten! $w(X)$ ist ohne Einheit.

Umrechnungsformel von $w(X) \leftrightarrow \beta(X)$

$$w(X) = \frac{c(X) \cdot M(X)}{\rho(Lsg)} \quad \mathbf{8}$$

Sämtlicher Einheiten müssen sich wegekürzen. $w(X)$ ist ohne Einheit.

Umrechnungsformel von $w(X) \leftrightarrow c(X)$

Tipps zu 1.9

Zuerst bearbeiten wir die Verdünnungs-Teilaufgabe

Es handelt sich hier um eine *unvollständige Kalibrierreihe*, mit einer **25 mg/L**-Schrittweite.

Zu diesem Aufgabentyp gibt es ein Lernskript: http://laborberufe.de/c1cl_wopla/Skript_Kalibrierloesungen.pdf

Die in Klammern aufgeführten Kalibrierstufen müssen nicht hergestellt werden.

- (1 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu **25 mg/L**)
- (2 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu 50 mg/L)
- (3 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu 75 mg/L)
- (4 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu 100 mg/L)
- (5 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu 125 mg/L)
- 6 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu 150 mg/L**
- 7 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu 175 mg/L**
- 8 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu 200 mg/L**
- 9 mal x μL pipettieren von Stammlösung und auffüllen auf 2000 μL führt zu 225 mg/L**

Da die Pipette ein variabel einstellbares Volumen hat, ist x beliebig wählbar. Je nachdem wie groß Sie x wählen, hat die Stammlösung eine unterschiedliche Konzentration. Wie groß dieses β in der Stammlösung ist, können Sie mit der Verdünnungsformel berechnen.

- Anschließend können Sie das benötigte Volumen an Stammlösung aufsummieren (**6 mal x μL + 7 mal x μL + 8 mal x μL + 9 mal x μL) und auf einen glatten Wert aufrunden.**
- Berechnen Sie welche Masse Phloroglucin in diesem Volumen enthalten ist. Hierfür brauchen Sie das β der Stammlösung, das Sie zuvor berechnet haben.
- Rechnen Sie aus, welche Stoffmenge $n(\text{Phloroglucin})$ das ist. Hierfür brauchen Sie die molare Masse $M(\text{Phloroglucin}_{\text{wasserfrei}})$. Die bekommen Sie aus $M(\text{Phloroglucin-Dihydrat})$ indem Sie zwei mal $M(\text{H}_2\text{O})$ abziehen.
- Überlegen Sie welche Stoffmenge $n(\text{Phloroglucin-Dihydrat})$ Sie brauchen. In dieser Portion sollen $n(\text{Phloroglucin})$ enthalten sein. Hierfür müssen Sie überlegen, wie viel Teilchen Phloroglucin pro Teilchen Phloroglucin-Dihydrat enthalten sind.
- Zum Schluss müssen Sie das in eine Masse $m(\text{Phloroglucin-Dihydrat})$ umrechnen.

Tipps zu 2.3

Nicht immer muss ein bestimmtes *Volumen* auf ein Zielvolumen verdünnt werden, man auch eine bestimmte *Masse* an Ausgangslösung auf ein Zielvolumen verdünnen. Mit anderen Worten: Denken Sie daran, dass man in Messkolben Flüssigkeiten auch *einwiegen* kann.

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:

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

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

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

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. 1.2

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 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 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. 1.3

fehlt noch

Nr. 1.4

fehlt noch

Nr. 1.5

fehlt noch

Nr. 1.6

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): 25,50,100,250,500 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. 1.7

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 $\beta_{\text{sol}} = 150 \text{ mg/L}$ 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 $\beta(\text{K}^+)$

$c(K^+) = 2 \text{ mol/L}$ (da 1 K_2SO_4 -Teilchen 2 K^+ ergibt).

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

Anwendung der Mischungsgleichung

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

Es müssen 384 μL auf 200 mL Gesamtvolumen verdünnt werden.

Nr. 1.8 Fructoselösung verdünnen

$M(\text{Fruc}) = 180,2 \text{ g/mol}$

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

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

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

Nr. 1.9

Die Verdünnungsstufen unterscheiden sich gerade um 25 mg/L voneinander. Diese Konzentrationsdifferenz muss gerade der Pipettier Volumenschrittweite 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:

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

Einzusetzendes Volumen für die 150 mg/L:

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

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 gängige 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 $M = 162,11 \text{ g/mol} - 2 \cdot 18 \text{ g/mol} \approx 126,11 \text{ g/mol}$. 2,5 Milligramm 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

Man kann beispielsweise 30 mL, 40 mL und 50 mL jeweils auf 100 mL verdünnen.

Die Ausgangslösung (= Stammlsg. = Konzentrat) muss dann folgenden Gehalts besitzen: $c_1 \cdot V_1 = c_2 V_2 \Rightarrow 60 \text{ mM} \cdot 100 \text{ mL} = c_2 \cdot 30 \text{ mL} \Rightarrow c_2 = 200 \text{ mL}$.

Es wird von der Ausgangslösung folgendes Volumn benötigt: $30 \text{ mL} + 40 \text{ mL} + 50 \text{ mL} = 120 \text{ mL}$. Es bietet sich an, 150 mL oder 200 mL herzustellen.

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

$$\beta_1 \cdot V_1 = \beta_2 \cdot V_2 \Rightarrow \beta_1 \cdot 20 \text{ mL} = 25,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot 250 \text{ mL} \Rightarrow \beta_1 = 318,75 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \quad (\text{Gehalt der Stammlsg.}).$$

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 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($M = 270,3 \text{ g/mol}$) benötigt. Das sind 0,079677 g. Herstellung: 79,7 mg $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ad 150 mL lösen (für 200 mL Lsg.: 106,2 mg)

$$\text{c) } c(\text{FeCl}_3) = \frac{\beta}{M} = \frac{318,75 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{162,2 \frac{\text{mg}}{\text{mmol}}} \approx 1,965 \text{ mM}; \quad c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 500 \text{ mM} \cdot V_1 = 1,965 \text{ mM} \cdot 150 \text{ mL} \Rightarrow V_1 = 0,5895 \text{ mL}$$

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

2.3 Konzentrierte Salzsäure

In der herzustellenden Lösung sollen $n = c \cdot V = 2 \text{ mol HCl}$ gelöst sein. Das sind 72,92 g HCl. Da die Ausgangslösung einen Gehalt von $w(\text{HCl}) = 33\%$ besitzt, muss ca. das Dreifache eingewogen werden, 220,97 g. Die werden in einen 2000mL- Messkolben eingewogen und dann zur Marke aufgefüllt.