

Prüfungsvorbereitung: Rechnen mit Gehaltsangaben

Vorbemerkung: Es handelt sich um eine kleine Zusammenstellung von Fragen zur Wiederholung. Die gesamte Bandbreite der möglichen Aufgaben zu Gehaltsgrößen ist damit nicht abgedeckt.

- 1.1** Aus 250 Gramm eines Vitamin-C-Präparat mit $w(\text{VitC}) = 89,4\%$ sollen eine Lösung mit $w(\text{VitC}) = 2\%$ hergestellt werden. Wie viel Wasser ist vorzulegen?
- 1.2.** Welche Masse des Vitamins B3 (= Niacin = $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) sind in 500 mL der Wirkstofflösung mit $w(\text{B3}) = 1,7\%$ enthalten, wenn die Dichte der Lösung $\rho = 1,0915 \text{ g/cm}^3$ beträgt.
- 1.3.** Wie viel Soda (Natriumcarbonat-Decahydrat) ist einzuwiegen, wenn 50 g Sodalösung mit einem Massenanteil von $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2,5\%$ entstehen sollen?
- 1.4.** Fälschlicherweise wird in vielen Laboratorien eine Lösung mit dem Gehalt von 1 g Verbindung pro 100 mL Lösung als „1%ige Lösung“ bezeichnet. Warum ist diese Bezeichnung falsch und nicht DIN-konform? Wie lautet der Gehalt einer solchen Lösung richtigerweise?
- 1.5.** Eine Natriumsulfat-Lösung mit $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ mol/L}$ soll so mit einer NaCl-Lösung mit $c(\text{NaCl}) = 1,0 \text{ mol/L}$ verdünnt werden, dass 500 mL einer Lösung mit $c(\text{Na}^+) = 0,4 \text{ mol/L}$ entstehen.
- a) Wie ist die gewünschte Lösung herzustellen? b) Geben Sie $c(\text{SO}_4^{2-})$ und $c(\text{Cl}^-)$ in dieser Lösung an.
- 1.6.** Eine konzentrierte Fructoselösung mit $\beta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 5 \text{ g/L}$ wurde auf 800 mL mit H_2O aufgefüllt. Die Konzentration dieser Lösung wurde auf $\beta(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0,2 \text{ g/L}$ bestimmt. Welches Volumen des Konzentrats wurde zur Verdünnung eingesetzt?
- 1.7.** 150 g einer Lösung mit $w(\text{Cl}^-) = 2,5 \%$ sollen hergestellt werden. Wie viel CaCl_2 -Dihydrat ist hierfür einzusetzen?
- 1.8.** Wie groß ist $\beta(\text{NH}_4^+)$, wenn eine Lösung den Massenanteil $w((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 20\%$ und die Dichte $\rho = 1,1154 \text{ g/cm}^3$ besitzt?
- 1.9.** Wie ist eine 2-molare Aluminiumchlorid-Lösung (AlCl_3) in einer 3-schrittigen fortgesetzten Verdünnungsreihe („geometrische Verdünnungsreihe“) zu verdünnen, um daraus 5 mL einer Lösung mit $\beta(\text{Cl}^-) = 250 \text{ mg/L}$ zu gewinnen? Wie hoch ist $c(\text{Al}^{3+})$ in einer solchen Lösung?
- 1.10.** Eine Aluminiumchlorid-Stammlösung besitzt $\beta(\text{AlCl}_3) = 75 \text{ g/L}$.
- a) Es sollen 250 mL einer Verdünnung hergestellt werden, die in diesem Volumen eine Stoffmenge von $n(\text{Cl}^-) = 40 \text{ mmol}$ besitzen. Wie gehen Sie vor?
- b) Welche Masse an Aluminiumchlorid-Hexahydrat ($\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ist zur Herstellung von 500 mL Stammlösung einzuwiegen?

2. Weitere Rechenaufgaben . Zum Teil auch aus Bewerbungstests

- 2.1** Eine Riesenqualle wiegt 1600 Gramm. Der Wassergehalt beträgt 99%. Wie viel wiegt die Qualle, wenn der Wassergehalt auf 98% sinkt?
- 2.2** 2000 g einer Ausgangslösung besitzen den Gehalt $w(\text{X})=1\%$.
- a) Welche Masse Wasser ist abzdampfen, damit der Gehalt auf $w(\text{X}) = 2\%$ aufgestockt wird?
- b) Welche Masse X muss zur Lösung gegeben werden, damit der Gehalt auf $w(\text{X}) = 2\%$ aufgestockt wird?
- 2.3** In einem Versuchstierstall verzehren 120 Ratten in 5 Tagen 12,6 kg eines Futtermittels. Wie viel Kilogramm Futtermittel würden im 30 Tagen verbraucht, wenn die Tierzahl um 25 Ratten steigt?
- 2.4** Aus einer Zellsuspension mit $0,9 \cdot 10^6$ Zellen/mL sollen 20 mL mit einer Gesamtzellzahl von $5,87 \cdot 10^6$ Zellen ($z_{\text{gm}} = 5,87 \cdot 10^6$ Zellen/20 mL) hergestellt werden. Welche Volumina müssen pipettiert werden?
- 2.5** Aus Stammlösung mit $\beta(\text{X}) = 45 \mu\text{g/mL}$ sollen 250 mL einer verdünnten Lösung mit $\beta_{\text{M}} = 12 \text{ mg/L}$ hergestellt werden. Welche Volumina müssen pipettiert werden?

Lösungen (ohne Gewähr) – Lösungswege unter www.laborberufe.de

1.1. 10925 g H_2O ; **1.2.** 9,278 g; **1.3.** 3,375 g; **1.4.** $\beta = 10 \text{ g/L}$; **1.5.a)** 428,6 mL Na_2SO_4 -Lsg mit 71,4 mL NaCl-Lsg; **1.5.b)** $c(\text{SO}_4^{2-}) \approx 0,129 \text{ mol/L}$ und $c(\text{Cl}^-) \approx 0,143 \text{ mol/L}$; **1.6.** 32 mL; **1.7.** 7,775 g; **1.8.** $\beta(\text{NH}_4^+) = 60,9 \text{ g/L}$; **1.9.** $F = 0,1055309$, $V_{\text{vor}} = 0,528 \text{ mL}$, $V(\text{H}_2\text{O}) = 4,472 \text{ mL}$, $c(\text{Al}^{3+}) = 0,00233 \text{ mol/L}$; **1.10.a)** 23,7 mL Konzentrat ad 250 mL, **1.10.b)** 67,90 g

Lösungswege - ohne Gewähr

1.1.

$$\text{Mischungsgleichung: } m_1 w_1 = m_2 w_2 \Rightarrow m_2 = \frac{m_1 w_1}{w_2} \Rightarrow m_2 = \frac{250 \text{ g} \cdot 89,4\%}{2\%} = 11175 \text{ g}$$

Die Gesamtmasse der Vitamin-C-Lösung beträgt 11175 g. Dazu beginn schon 250 g vorhanden sind, beträgt die Masse Wasser die zugegeben werden muss: $m(\text{H}_2\text{O}) = 11175 \text{ g} - 250 \text{ g} = 10925 \text{ g}$

1.2.

Zuerst wird mit der Dichteformel auf die Masse der Lösung geschlossen:

$$m(\text{Lsg}) = \rho(\text{Lsg}) \cdot V(\text{Lsg}) = 500 \text{ cm}^3 \cdot 1,0915 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 545,75 \text{ g}$$

Nun kann mit der Definitionsgleichung des Massenanteils, die Masse an Vitamin B3 berechnet werden:

$$w(\text{B3}) = \frac{m(\text{B3})}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{B3}) = w(\text{B3}) \cdot m(\text{Lsg}) = 0,017 \cdot 545,75 \text{ g} \approx 9,278 \text{ g}$$

1.3.

Zuerst wird berechnet, welche Masse an Na_2CO_3 enthalten sein soll:

$$w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = w(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot m(\text{Lsg}) \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,025 \cdot 50 \text{ g} = 1,25 \text{ g}$$

Jetzt wird berechnet, welche Stoffmenge Na_2CO_3 das ist, und darauf geschlossen, welche Stoffmenge $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ hierfür erforderlich ist:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{1,25 \text{ g}}{105,989 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,0117937 \text{ mol}$$

Es ist auch die gleiche Stoffmenge $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ hierfür erforderlich, da in jedem $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ -Teilchen genau ein Na_2CO_3 enthalten ist. $\Rightarrow n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \approx 0,0117937 \text{ mol}$

Zum Schluss wird noch die Masse dieser Stoffportion berechnet:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,0117937 \text{ mol} \cdot 286,142 \text{ g/mol} \approx 3,375 \text{ g}$$

Anmerkung: Hier gibt es auch noch alternative Rechenwege über den Massenanteil von Na_2CO_3 in $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

1.4.

In Prozent kann eine Gehaltsgröße nur angegeben werden, wenn durch Kürzen die Einheiten wegfallen. Prozentangaben sind immer Anteilsangaben. Die Prozentangabe ist deshalb nur für den Massenanteil oder den Volumenanteil etc. zulässig. An den Definitionsgleichungen (z.B. für den Massenanteil $w(X) = m(X)/m_{\text{gesamt}}$) ist ersichtlich, dass im Zähler und Nennen die gleiche Einheit (hier: Gramm) auftritt, die sich wegekürzt.

Eine Gehaltsangabe wie „1%ige Lösung (w/v)“ ist damit in sich widersprüchlich, weil im Zähler eine Masse und im Nenner ein Volumen auftritt. Außerdem ist nicht vereinbart, was damit genau gemeint ist. Labor A meint damit z.B. „1 g Verbindung pro 100 mL Lösung“, Labor B aber beispielsweise „1 g Verbindung werden mit 100 mL

Lösungsmittel gelöst“. Die Gehalte der Lösungen aus beiden Laboratorien weichen so voneinander ab, weil beim Lösen von Reinstoffen große Volumeneffekte (Volumenkontraktion, Volumenerweiterung) auftreten können.

Man benutzt also besser die passende Gehaltsgröße, und das ist hier die Massenkonzentration. Eine Lösung, die in 100 mL Lösung, 1 g gelöstes X enthält, besitzt die Massenkonzentration

$$\beta(X) = 1 \frac{\text{g}}{100\text{mL}} \quad \text{oder} \quad \beta(X) = 0,01 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \quad \text{oder} \quad \beta(X) = 10 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

1.5.

$$c_1(\text{Na}^+) = 2 \cdot 0,15 \text{ mol/L} = 0,3 \text{ mol/L} \quad c_2 = 1,0 \text{ mol/L}$$

$$c_1(\text{Na}^+)V_1 + c_2(\text{Na}^+) \cdot V_2 = c_M(\text{Na}^+) \cdot V_M$$

mit $V_2 = V_M - V_1$ folgt

$$c_1(\text{Na}^+)V_1 + c_2(\text{Na}^+) \cdot (V_M - V_1) = c_M(\text{Na}^+) \cdot V_M$$

einsetzen (c in mol/L, V in L)

$$0,3V_1 + 1,0 \cdot (0,5 - V_1) = 0,4 \cdot 0,5 \Rightarrow V_1 \approx 0,4286 \text{ L}$$

$$\Rightarrow V_2 = 0,5 - V_1 = 0,5 - 0,4286 \text{ L} = 0,0714 \text{ L}$$

Es müssen 428,6 mL der Lösung mit $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,15 \text{ mol/L}$ und 71,4 mL der Lösung mit $c(\text{NaCl}) = 1,0 \text{ mol/L}$ gemischt werden.

1.6.

Mischungsgleichung:

$$\beta_1 V_1 = \beta_2 V_2 \Rightarrow V_1 = \frac{\beta_2 V_2}{\beta_1} \Rightarrow V_1 = \frac{0,2 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 800\text{mL}}{5 \frac{\text{g}}{\text{L}}} = 32\text{mL}$$

1.7.

Zuerst wird berechnet welche Masse Cl^- enthalten sein sollen und welcher Stoffmenge das entspricht.

$$m(\text{Cl}^-) = w(\text{Cl}^-) \cdot m(\text{Lsg}) = 0,025 \cdot 150\text{g} = 3,75\text{g}$$

$$n(\text{Cl}^-) = \frac{m(\text{Cl}^-)}{M(\text{Cl}^-)} \Rightarrow n(\text{Cl}^-) = \frac{3,75\text{g}}{35,4527 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,1057747\text{mol}$$

Nun wird überlegt, in welcher Stoffmenge $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dies enthalten ist, und die entsprechende Masse berechnet.

Ein $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -Teilchen enthält 2 Cl^- -Teilchen. Deshalb braucht man nur halb so viel $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow n(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \approx 0,1057747 \text{ mol} : 2 \approx 0,0528874 \text{ mol}$

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = n(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,0528874\text{mol} \cdot 147,014 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 7,775\text{g}$$

1.8.

Aus der Aufgabenstellung folgt: z.B. 100 g Lösung enthalten 20 g NH_4SO_4 und besitzen das Volumen ($V = m/\rho \approx$) 89,654 mL. Die darin enthaltenen 20 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ entsprechen einer Stoffmenge von 0,151353 mol $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ bzw. 0,30271 mol NH_4^+ . Das sind wiederum 5,460 g NH_4^+ . Es gilt also: In 89,654 mL sind 5,460 g NH_4^+ enthalten:

$$\beta(\text{NH}_4^+) = 5,460 \text{ g} / 0,089654 \text{ L} \approx 60,9 \text{ g/L}$$

1.9.

Ziellösung: $c(\text{Cl}^-) = \beta(\text{Cl}^-) / M(\text{Cl}^-) = 0,00705165 \text{ mol/L}$

Anfangslösung: $c_0(\text{Cl}^-) = 6 \text{ mol/L}$ (da pro AlCl_3 -Teilchen 3 Cl^- -Teilchen enthalten sind!)

$$c(\text{Cl}^-) = c_0(\text{Cl}^-) \cdot F^n \Rightarrow 0,00705165 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 6 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot F^3 \Rightarrow F = \sqrt[3]{0,001175275} = 0,1055309$$

$$F = \frac{V_{\text{vor}}}{V_{\text{nach}}} \Rightarrow 0,1055309464 = \frac{V_{\text{vor}}}{5 \text{ mL}} \Rightarrow V_{\text{vor}} \approx 0,528 \text{ mL} \approx 528 \mu\text{L}$$

528 μL der jeweils vorangegangenen Lösung werden auf 5 mL verdünnt und gemischt. Insgesamt werden 3 Verdünnungsschritte hintereinander durchgeführt.

1.10.

a) Zuerst wird in der Ausgangslösung und in der herzustellenden Lösung (Ziellösung) die Konzentrationen $c(\text{Cl}^-)$ berechnet. Anschließend wird die Verdünnungsformel benutzt.

$$\text{Ausgangslösung: } c(\text{AlCl}_3) = \frac{\beta(\text{AlCl}_3)}{M(\text{AlCl}_3)} = \frac{75 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{133,3396 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,562474 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Da pro AlCl_3 -Teilchen 3 Cl^- -Ionen enthalten sind.

$$c(\text{Cl}^-) = 3 \cdot c(\text{AlCl}_3) \approx 3 \cdot 0,562474 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \approx 1,68742 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\text{Ziellösung: } c(\text{Cl}^-) = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V(\text{Lsg})} = \frac{0,04 \text{ mol}}{0,25 \text{ L}} = 0,16 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\text{Mischungsgleichung: } c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2 \Rightarrow 1,68742 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot V_1 = 0,16 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,25 \text{ L} \Rightarrow V_1 \approx 0,0237 \text{ L}$$

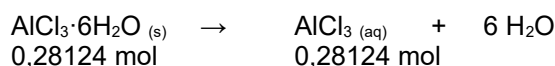
Es müssen 23,7 mL des Konzentrats auf insgesamt 250 mL Lösungsvolumen gemischt werden.

b) Zuerst wird berechnet welche Masse und welche Stoffmenge AlCl_3 in der gewünschten Lösung enthalten ist. Nun wird überlegt welche Stoffmenge $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ erforderlich ist und in die Masse umgerechnet.

$$m(\text{AlCl}_3) = \beta(\text{AlCl}_3) \cdot V(\text{Lsg}) = 75 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,0237 \text{ L} = 1,7775 \text{ g}$$

$$n(\text{AlCl}_3) = \frac{m(\text{AlCl}_3)}{M(\text{AlCl}_3)} = \frac{1,7775 \text{ g}}{133,3396 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,0133 \text{ mol}$$

Diese Stoffmenge an AlCl_3 ist in 0,0133 mol $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ enthalten. Grund: In 1 Teilchen $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ist 1 Teilchen AlCl_3 enthalten.



$$m(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = n(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \approx 0,0133 \text{ mol} \cdot 241,4313 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 3,21 \text{ g}$$

Alternativ lässt sich auch mit dem Massenanteil von AlCl_3 in $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ rechnen.

2.1

Der Feststoffanteil der Qualle beträgt 1%. Er soll auf 2% steigen.

$$w_1 m_1 = w_2 m_2 \Rightarrow 1\% \cdot 1600 \text{ g} = 2\% \cdot m_2 \Rightarrow m_2 = 800 \text{ g. Die Qualle wiegt noch 800 g.}$$

a) $w_1 m_1 = w_2 m_2 \Rightarrow 1\% \cdot 2000 \text{ g} = 2\% \cdot m_2 \Rightarrow m_2 = 1000 \text{ g}$. Es müssen 1000 g abgedampft werden.

b) $w_1 m_1 + w_2 m_2 = w_M m_M \Rightarrow 1\% \cdot 2000 \text{ g} + 100\% \cdot m_2 = 2\% \cdot m_M$

$$m_M = m_1 + m_2 = 2000 \text{ g} + m_2$$

$$1\% \cdot 2000 \text{ g} + 100\% \cdot m_2 = 2\% \cdot (2000 \text{ g} + m_2) \Rightarrow m_2 = 20,408 \text{ g}$$

Es müssen 20,408 g X hinzu gegeben werden.

- c)
- c) Welche Masse X-Hydrochlorid ($X \cdot \text{HCl}$) muss zur Lösung gegeben werden, damit der Gehalt auf $w(X) = 2\%$ aufgestockt wird?