

Rechnen mit Massenanteilen

1. Rechnungen mit Massenanteilen in wasserfreien Reinstoffen

- 1.1. Berechnen Sie den Massenanteil von Stickstoff in Ammoniumnitrat (NH_4NO_3).
- 1.2. Welche Masse an Kalk (CaCO_3) enthält 100 g chemisch gebundenes Calcium?

2. Rechnen mit Massenanteilen in kristallwasserhaltigen Reinstoffen

- 2.1. Welche Masse Kupfer lässt sich aus 40 g Kupfersulfat-Pentahydrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) gewinnen?
- 2.2. In welcher Masse Zitronensäure-Monohydrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$) sind 60 g reine Zitronensäure enthalten?

3. Einfache Rechnungen zu Massenanteilen in Gemischen

- 3.1. 1 g von essbaren Teilen des Rhabarbers enthalten bis 24000 μg der (giftigen) Oxalsäure ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$). Berechnen Sie den prozentualen Massenanteil $w(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$.
- 3.2. Der Koffeingehalt in Vollmilchschokolade beträgt 15 mg/100 g. Berechnen Sie den prozentualen Massenanteil $w\%$.
- 3.3. Halbbitterschokolade enthält bis zu 90 mg Koffein pro 100 g. Berechnen Sie den Koffeinmassenanteil in Prozent (%), Teile von Hundert), Promille (‰, Teile von Tausend) und ppm (parts per million, Teile von Million).
- 3.4. Wie groß war der prozentuale Massenanteil an Natriumacetat (NaCH_3COO) in einer NaCH_3COO -haltigen Probe, wenn in 50 Gramm der Probe 3,26 g CH_3COO^- bestimmt werden konnten?
- 3.5. Das Dentin der Zähne besteht zu ca. 70% aus *Hydroxylapatit* (Zusammensetzung: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$).
 - a) Welche Masse chemisch gebundenes Phosphat (PO_4^{3-}) sind in 70 g Dentin enthalten?
 - b) In welcher Masse Dentin sind 70 g Phosphat enthalten?
- 3.6. Der Massenanteil an Fluorid (F^-) einer Zahnpasta beträgt $w_{\text{ppm}} = 1250$ ppm. (ppm: „parts per million“). In welcher Masse an Zahnpasta sind 1 mg Fluorid enthalten (empfohlene Tagesdosis zur Kariesprophylaxe)?

4. Rechnen mit Massenanteilen in Lösungen

- 4.1. In 2000 g Wasser werden 500 g NaCl gelöst. Welchen Massenanteil $w(\text{NaCl})$ hat die entstehende Natriumchloridlösung?
- 4.2. In 550 kg Wasser werden 200 kg Natriumsulfat Na_2SO_4 gelöst. Welchen Massenanteil $w(\text{Na}_2\text{SO}_4)$ hat die Lösung in Prozent?
- 4.3. Aus 30 g Kaliumhydroxid soll eine Kalilauge mit dem Massenanteil $w(\text{KOH}) = 4,1\%$ angesetzt werden. Welche Masse an Lösung wird erhalten?
- 4.4. Wie viel g KCl und wie viel g Lösungsmittel sind in 500 g 10%iger KCl-Lösung enthalten?
- 4.5. Wie viel g Kochsalz und wie viel g Wasser werden benötigt um 750 g einer 0,9%igen Kochsalzlösung herzustellen?
- 4.6. Wie viel g technischen Kaliumiodids KI (Reinheit: 98%) müssen zur Herstellung von 0,5 kg 4%iger KI-Lösung abgewogen werden?
- 4.7. Zur Herstellung von 750 g 10%iger Eosinlösung stehen technisch reines Eosin mit einer Reinheit von 98,7% zur Verfügung. Wie viel g müssen eingewogen werden?
- 4.8. Aus technischem Soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) mit einem Reinheitsgehalt von 79% sollen 70 g einer Lösung hergestellt werden, die einen Massenanteil von $w_0(\text{Na}^+) = 3\%$ aufweist. Berechnen Sie die einzusetzende Masse an Ausgangsstoff.
- 4.9. 16,5 g Calciumchlorid-Hexahydrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) werden in 240 g Wasser gelöst. Berechnen Sie die Massenanteile $w(\text{CaCl}_2)$ und $w(\text{Cl})$ der Lösung.

5. Gemischte Aufgaben (gemischter Schwierigkeitsgrad)

- 5.1. Geben Sie die Arbeitsschritte zur Herstellung von 50 g einer 5%igen Glucoselösung wieder.
- 5.2. In 80 g Wasser werden 0,5 g Natriumchlorid gelöst. Berechnen Sie den Massenanteil $w\%(\text{NaCl})$.
- 5.3. 730 g Kalilauge enthalten 30 g KOH. Berechnen Sie den Massenanteil $w(\text{KOH})$. Wie viel Gramm H_2O enthält die Lösung?

- 5.4. Es sollen exakt 3 L 10,0%iger Natronlauge hergestellt werden ($\rho_{10\%}(\text{NaOH-Lsg}) = 1,1109 \text{ g/mL}$). Geben Sie die einzusetzenden Portionen an.
- 5.5. 420 g einer 0,8%igen Vitamin-C-Lösung sind herzustellen. Geben sie stichwortartig die Arbeitsschritte an.
- 5.6. Berechnen Sie den Massenanteil in **ppm (parts per million)**, wenn 1200 g einer Lösung 18 mg eines Steroidhormons enthalten. *Anmerkung:* Die Einheit ppm soll nach *ISO 31-0* vermieden werden. Weiterhin gibt es keine DIN-Vorschrift zu dieser Einheit, sie wird jedoch im Bereich der Naturwissenschaften und Pharmazie (z.B. Spurenanalytik) häufiger genutzt.
- 5.7. Aus Eisen(II)-sulfat-Heptahydrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) und Wasser sollen 100 g einer 0,5% Eisensulfatlösung hergestellt werden. Geben Sie die einzusetzenden Massen an.
- 5.8. Aus Kobalt(II)-chlorid-Hexahydrat ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) sollen 600 g einer 0,3%igen Kobaltchloridlösung hergestellt werden. Geben Sie die Arbeitsschritte wieder.
- 5.9. Sie benötigen 75 mL einer 3,5% Natriumacetat-Lösung (NaCH_3COO). Als Ausgangsstoff steht neben Wasser auch Natriumacetat-Trihydrat zur Verfügung. Geben sie stichwortartig die Arbeitsschritte zur Herstellung an (Anm: Sie können etwas mehr herstellen, um daraus das benötigte Volumen mit einer Pipette zu entnehmen).
- 5.10. Aus technischem, verunreinigten Kochsalz (= *Viehsalz*) mit einem Massenanteil von $w_{\%}(\text{NaCl}) = 98,3\%$ sollen 500 g einer NaCl-Lösung mit $w(\text{NaCl}) = 0,04$ hergestellt werden. Berechnen Sie die benötigte Masse Viehsalz.
- 5.11. Aus technisch reinem Kaliumhydroxid mit $w(\text{KOH}) = 96,7\%$ sollen exakt 300 mL einer KOH-Lösung mit $w(\text{KOH}) = 10,5\%$ hergestellt werden ($\rho_{10,5\%}(\text{KOH-Lsg.}) = 1095 \text{ g/L}$). Berechnen Sie die einzusetzende Masse an Ausgangsstoff.
- 5.12. Ein Laborant soll 100 mL einer 5% Glucoselösung herstellen. Dazu wiegt er 5 g Glucose ab und gibt mit einer Vollpipette 100 mL H_2O hinzu. Welche(n) Fehler hat der Laborant gemacht?. Welche Massenanteil hat die tatsächlich hergestellte Lösung des Laboranten?

Lösungen ohne Gewähr

Nr. 1.1.

Formel

$$w(N) = \frac{2 \cdot M(N)}{M(NH_4NO_3)} = \frac{2 \cdot 14,00674 \frac{g}{mol}}{80,0434 \frac{g}{mol}} \approx 0,3500$$

Dreisatz

$$80,0434 \text{ g/mol} \hat{=} 100 \%$$

$$28,00674 \text{ g/mol} \hat{=} x \quad \Rightarrow x = 34,989\%$$

$$\Rightarrow w_{\%} \approx 35\%, w = 0,35$$

Nr. 1.2.

Formel

$$w(Ca) = \frac{M(Ca)}{M(CaCO_3)} = \frac{40,078 \frac{g}{mol}}{100,087 \frac{g}{mol}} \approx 0,40043$$

$$w(Ca) = \frac{m(Ca)}{m(CaCO_3)} \Rightarrow m(CaCO_3) = \frac{m(Ca)}{w(Ca)} \Rightarrow$$

$$m(CaCO_3) = \frac{100g}{0,40043} \approx 249,7g$$

Dreisatz

$$100\% \hat{=} 100,087 \text{ g/mol}$$

$$x \hat{=} 40,078 \text{ g/mol} \quad \Rightarrow x = 40,043\%$$

$$100 \text{ g CaCO}_3 \hat{=} 40,043 \text{ g Ca}$$

$$x \hat{=} 100 \text{ gCa} \quad \Rightarrow x = 249,7 \text{ g}$$

100 g chemisch gebundenes Ca sind in 249,7 g CaCO₃ enthalten.

Nr. 2.1.

Formel

$$w(Cu) = \frac{M(Cu)}{M(CuSO_4 \cdot 5H_2O)} = \frac{63,546 \frac{g}{mol}}{249,686 \frac{g}{mol}} \approx 0,2545$$

$$w(Cu) = \frac{m(Cu)}{m(CuSO_4 \cdot 5H_2O)} \Rightarrow$$

$$m(Cu) = w(Cu) \cdot m(CuSO_4 \cdot 5H_2O) \Rightarrow$$

$$m(Cu) = 0,2545 \cdot 40g \approx 10,18g$$

Dreisatz

$$100\% \hat{=} 249,686 \text{ g/mol}$$

$$x \hat{=} 63,546 \text{ g/mol} \quad \Rightarrow x = 25,450 \%$$

$$100 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5H_2O \hat{=} 25,450 \text{ g Cu}$$

$$40 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5H_2O \hat{=} x \text{ g Cu} \quad \Rightarrow x = 10,18 \text{ g}$$

Nr. 2.2.

Formel

$$w(Zit) = \frac{M(Zit)}{M(Zit \cdot H_2O)} = \frac{192,124 \frac{g}{mol}}{210,124 \frac{g}{mol}} \approx 0,9143$$

$$w(Zit) = \frac{m(Zit)}{m(Zit \cdot H_2O)} \Rightarrow m(Zit \cdot H_2O) = \frac{m(Zit)}{w(Zit)} \Rightarrow$$

$$m(Zit \cdot H_2O) = \frac{60g}{0,9143} \approx 65,62g$$

Dreisatz

Nr. 3.1.

Formel

$$w(C_2H_4O_2) = \frac{m(C_2H_4O_2)}{m_{gesamt}} = \frac{24000 \cdot 10^{-6} g}{1g} = 0,024$$

$$w_{\%}(C_2H_4O_2) = 100 \cdot w(C_2H_4O_2) = 2,4\%$$

Dreisatz

Nr. 3.2.

Formel

$$w(Kof) = \frac{15 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{100 \text{ g}} = 0,00015$$

$$w_{\%}(Kof) = 100 \cdot w(Kof) = 0,015\%$$

Dreisatz

Nr. 3.3.

Formel

$$w(Kof) = \frac{90 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{100 \text{ g}} = 0,0009$$

$$w_{\%}(Kof) = 100 \cdot w(Kof) = 0,09\%$$

$$w_{\text{‰}}(Kof) = 1000 \cdot w(Kof) = 0,9\text{‰}$$

$$w_{\text{ppm}}(Kof) = 1000000 \cdot w(Kof) = 900 \text{ ppm}$$

Dreisatz

Nr. 3.4.

Formel

HINWEIS: $Ac = CH_3COO^-$

$$w(Ac) = \frac{M(Ac)}{M(NaAc)} = \frac{59,044 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{82,034 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,7198$$

In reinem NaAc sind $w_{\%} = 71,98\%$ Ac enthalten.

$$w(Ac) = \frac{m(Ac)}{m(NaAc)} \Rightarrow$$

$$m(NaAc) = \frac{m(Ac)}{w(Ac)} = \frac{3,26}{0,7198} \approx 4,529 \text{ g}$$

Wenn 3,26 g Ac enthalten sind, dann sind 4,529g NaAc enthalten.

$$w(NaAc) = \frac{m(NaAc)}{m(Probe)} = \frac{4,529 \text{ g}}{50 \text{ g}} \approx 0,091$$

$$w_{\%}(NaAc) = 100 \cdot w(NaAc) \approx 9,1\%$$

Dreisatz

- siehe oben -

$$3,26 \text{ g} \hat{=} 71,98\%$$

$$x \text{ g} \hat{=} 100\% \Rightarrow x \approx 4,529 \text{ g}$$

$$50 \text{ g} \hat{=} 100\%$$

$$4,529 \text{ g} \hat{=} x \Rightarrow x \approx 9,1\%$$

Nr. 3.5.

Formel

$$w_{\text{Apatit}}(PO_4^{3-}) = \frac{3 \cdot M(PO_4^{3-})}{M(Ca_5(PO_4)_3(OH))} = \frac{3 \cdot 94,971 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{502,31 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,567$$

$$w_{\text{Dentin}}(PO_4^{3-}) = w(\text{Dentin}) \cdot w_{\text{Apatit}}(PO_4^{3-}) = 0,7 \cdot 0,567 \approx 0,397$$

$$w_{\text{Dentin}}(PO_4^{3-}) = \frac{m(PO_4^{3-})}{m(\text{Dentin})} \Rightarrow$$

$$m(PO_4^{3-}) = w_{\text{Dentin}}(PO_4^{3-}) \cdot m(\text{Dentin}) = 0,397 \cdot 70 \text{ g} \approx 27,8 \text{ g}$$

Dreisatz

- siehe oben -

b)

$$w_{Dentin}(PO_4^{3-}) = \frac{m(PO_4^{3-})}{m(Dentin)} \Rightarrow$$
$$m(Dentin) = \frac{m(PO_4^{3-})}{w_{Dentin}(PO_4^{3-})} = \frac{70g}{0,397} \approx 176,3g$$

Nr. 3.6

Formel

$$w(F^-) = \frac{w_{ppm}(F^-)}{10^6} = 0,00125$$
$$w(F^-) = \frac{m(F^-)}{m_{gesamt}} \Rightarrow m_{gesamt} = \frac{m(F^-)}{w(F^-)} \Rightarrow$$
$$m_{gesamt} = \frac{1mg}{0,00125} = 800mg$$

Dreisatz

$$1250 \text{ mg } F^- \hat{=} 1000000 \text{ mg Zahnpaste}$$
$$1 \text{ mg } F^- \hat{=} x \quad \Rightarrow x = 800 \text{ mg}$$

Nr. 4.1.

Formel

$$w(NaCl) = \frac{m(NaCl)}{m(Lsg)} = \frac{500g}{2500g} = 0,2$$

Dreisatz

$$2500 \text{ g Lsg. } \hat{=} 500 \text{ g NaCl}$$
$$100 \text{ g Lsg. } \hat{=} x \quad \Rightarrow x = 20\%$$
$$\Rightarrow w = 0,2$$

Nr. 4.2.

Formel

$$w(Na_2SO_4) = \frac{m(Na_2SO_4)}{m(Lsg)} = \frac{200kg}{750kg} \approx 0,2667$$

Dreisatz

$$750 \text{ kg Lsg. } \hat{=} 200 \text{ kg Na}_2\text{SO}_4$$
$$100 \text{ kg Lsg. } \hat{=} x \quad \Rightarrow x = 26,67kg$$
$$\Rightarrow w\% = 26,67\% \Rightarrow w = 0,2667$$

Nr. 4.3.

Formel

$$w(KOH) = \frac{m(KOH)}{m(Lsg)} \Rightarrow$$
$$m(Lsg) = \frac{m(KOH)}{w(KOH)} = \frac{30g}{0,041} \approx 731,71g$$

Dreisatz

$$100 \text{ g Lsg. } \hat{=} 4,1 \text{ g KOH}$$
$$x \text{ g Lsg. } \hat{=} 30 \text{ g KOH} \quad \Rightarrow x \approx 731,71 \text{ g}$$

Nr. 4.4.

Formel

$$w(KCl) = \frac{m(KCl)}{m(Lsg)} \Rightarrow$$
$$m(KCl) = m(Lsg) \cdot w(KCl) = 500g \cdot 0,1g = 50g$$
$$m(H_2O) = m(Lsg.) - m(KCl) = 450 \text{ g}$$

Dreisatz

Nr. 4.5.

Formel

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow$$

$$m(\text{NaCl}) = m(\text{Lsg}) \cdot w(\text{NaCl}) = 750 \text{ g} \cdot 0,009 = 6,75 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Lsg.}) - m(\text{NaCl}) = 750 \text{ g} - 6,75 \text{ g} = 743,25 \text{ g}$$

Dreisatz

Nr. 4.6.

Formel

Berechnung der benötigten Masse an reinem KI

$$w(\text{KI}) = \frac{m(\text{KI})}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow$$

$$m(\text{KI}) = m(\text{Lsg}) \cdot w(\text{KI}) = 500 \text{ g} \cdot 0,04 = 20 \text{ g}$$

Berücksichtigung des unreinen Charakters

$$w_{\text{tech}}(\text{KI}) = \frac{m(\text{KI})}{m(\text{Stoff})} \Rightarrow$$

$$m(\text{Stoff}) = \frac{m(\text{KI})}{w_{\text{tech}}(\text{KI})} = \frac{20 \text{ g}}{0,98} \approx 20,408 \text{ g}$$

Dreisatz

$$500 \text{ g} \triangleq 100\%$$

$$x \text{ g} \triangleq 4\% \quad \Rightarrow x = 20 \text{ g}$$

$$98\% \triangleq 20 \text{ g}$$

$$100\% \triangleq x \quad \Rightarrow x = 20,408 \text{ g}$$

Nr. 4.7.

Formel

Berechnung der benötigten Masse an reinem KI

$$w(\text{Eosin}) = \frac{m(\text{Eosin})}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow$$

$$m(\text{Eosin}) = m(\text{Lsg}) \cdot w(\text{Eosin}) = 750 \text{ g} \cdot 0,1 = 75 \text{ g}$$

Berücksichtigung des verunreinigten Charakters

$$w_{\text{tech}}(\text{Eosin}) = \frac{m(\text{Eosin})}{m(\text{Stoff})} \Rightarrow$$

$$m(\text{Stoff}) = \frac{m(\text{Eosin})}{w_{\text{tech}}(\text{Eosin})} = \frac{75 \text{ g}}{0,987} \approx 75,99 \text{ g}$$

Dreisatz

Nr. 4.8.

Formel

A Berechnung von $m(\text{Na}^+)$ in der Lösung

$$w(\text{Na}^+) = \frac{m(\text{Na}^+)}{m(\text{Lsg.})} \Rightarrow$$

$$m(\text{Na}^+) = w(\text{Na}^+) \cdot m(\text{Lsg}) \\ = 0,03 \cdot 70 \text{ g} = 2,1 \text{ g}$$

B Berechnung des Massenanteils an Na^+ im Ausgangsstoff

Dreisatz

B.1. Im reinen $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$:

$$w(\text{Na}^+) = \frac{2 \cdot M(\text{Na}^+)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})} =$$
$$= \frac{2 \cdot 22,989768 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{286,142 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,16069$$

B.2. Berücksichtigung des verunreinigten Charakters:

$$w_{\text{tech}}(\text{Na}^+) = w(\text{Na}^+) \cdot w(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) =$$
$$= 0,160689 \cdot 0,79 \approx 0,126943$$

C Berechnung der erforderlichen Masse Ausgangsstoff

$$w_{\text{tech}}(\text{Na}^+) = \frac{m(\text{Na}^+)}{m(\text{Ausgangsstoff})} \Rightarrow$$
$$m(\text{Ausgangsstoff}) = \frac{m(\text{Na}^+)}{w_{\text{tech}}(\text{Na}^+)} =$$
$$= \frac{2,1\text{g}}{0,126943} \approx 16,54\text{g}$$

Nr. 5.1

Lösungsweg mit Formeln

$$w(\text{Gluc}) = \frac{w_{\%}(\text{Gluc})}{100} \Rightarrow w(\text{Gluc}) = \frac{5\%}{100} = 0,05$$

$$w(\text{Gluc}) = \frac{m(\text{Gluc})}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{Gluc}) = w(\text{Gluc}) \cdot m(\text{Lsg})$$
$$\Rightarrow m(\text{Gluc}) = 0,05 \cdot 50\text{g} = 2,5\text{g}$$

Lösungsweg mit Dreisatz/Schlussrechnung

In 100 g Lösung sind 5 g Glucose enthalten

In 50 g Lösung sind x g Glucose enthalten

$$\frac{x}{50\text{g}} = \frac{5\text{g}}{100\text{g}} \Rightarrow x = \frac{5\text{g} \cdot 50\text{g}}{100\text{g}} = 2,5\text{g}$$

Arbeitsschritte: Abwiegen von 2,5 g (z.B. im Becherglas). Zugabe von H_2O bis Gesamtgewicht 50g. Anschließend rühren.

Nr. 5.2

Lösung mit Formeln

$$w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{Lsg})} = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{NaCl}) + m(\text{H}_2\text{O})}; m(\text{Lösung}) = m(\text{gelöster Stoff}) + m(\text{Lösungsmittel})$$

$$\Rightarrow w(\text{NaCl}) = \frac{0,5\text{g}}{0,5\text{g} + 80\text{g}} \approx 0,0062$$

$$\Rightarrow w_{\%}(\text{NaCl}) = 100 \cdot w(\text{NaCl}) = 100 \cdot 0,0062 = 0,62\%$$

Lösungsweg mit Dreisatz/Schlussrechnung

In 80,5 g Lösung sind 0,5 g NaCl enthalten

In 100 g Lösung sind x g Glucose enthalten

$$\frac{x}{100\text{g}} = \frac{0,5\text{g}}{80,5\text{g}} \Rightarrow x = \frac{0,5\text{g} \cdot 100\text{g}}{80,5\text{g}} \approx 0,62$$

Die Lösung enthält 0,62% NaCl.

Nr. 5.3

Lösungsweg mit Formel

$$w(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow w(\text{KOH}) = \frac{30\text{g}}{730\text{g}} \approx 0,0410959$$

$$m(\text{Lsg}) = m(\text{KOH}) + m(\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{Lsg}) - m(\text{KOH}) \Rightarrow m(\text{H}_2\text{O}) = 730\text{g} - 30\text{g} = 700\text{g}$$

Lösungsweg mit Dreisatz/Schlussrechnung

730 g Lösung enthalten 30 g KOH

100 g Lösung enthalten x g KOH

$$\frac{x}{100\text{g}} = \frac{30\text{g}}{730\text{g}} \Rightarrow x = \frac{30\text{g} \cdot 100\text{g}}{730\text{g}} \approx 4,10959\text{g}$$

$$w_{\%}(\text{KOH}) \approx 4,20\% \quad [w(\text{KOH}) \approx 0,0420]$$

Nr. 5.4

1. Berechnung der Masse an Lösung

$$\rho(\text{Lsg}) = \frac{m(\text{Lsg})}{V(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{Lsg}) = \rho(\text{Lsg}) \cdot V(\text{Lsg}) \Rightarrow m(\text{Lsg}) = 1110,9 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 3\text{L} = 3332,7\text{g}$$

2. Berechnung der Masse NaOH

Berechnung mit Formel

$$w(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{NaOH}) = w(\text{NaOH}) \cdot m(\text{Lsg})$$

$$\Rightarrow m(\text{NaOH}) = 0,10 \cdot 3332,7\text{g} \approx 333,3\text{g}$$

Lösungsweg mit Dreisatz/Schlussrechnung

100 g Natronlauge enthalten 10 g NaOH

3332,7 g Natronlauge enthalten x g NaOH

$$\frac{x}{3332,7g} = \frac{10g}{100g} \Rightarrow x = \frac{10g \cdot 3332,7g}{100g} \approx 333,3g$$

3. Berechnung der Masse H₂O

$$m(H_2O) = m(Lsg) - m(NaOH) = 3332,7g - 333,3g \approx 2999,4g$$

Nr. 5.5

Berechnung mit Formel

$$w(VitC) = \frac{m(VitC)}{m(Lsg)} \Rightarrow m(VitC) = w(VitC) \cdot m(Lsg)$$

$$\Rightarrow m(VitC) = 0,008 \cdot 420g \approx 3,36g$$

Mit Dreisatz/Schlussrechnung

100 g Lösung enthalten 0,8g Vitamin C

420 g Lösung enthalten x g Vitamin C

$$\frac{x}{420g} = \frac{0,8g}{100g} \Rightarrow x = \frac{420g \cdot 0,8g}{100g} \approx 3,36g$$

In einem Gefäß 3,36 g auf einer Laborwaage abwiegen und mit H₂O auf 420 g auffüllen.

Nr. 5.6

Berechnung mit Formel

$$w(Steroid) = \frac{m(Steroid)}{m(Lsg)} = \frac{0,018g}{1200g} = 0,000015$$

$$\Rightarrow w_{ppm}(Steroid) = 10^6 \cdot w(Steroid) = 10^6 \cdot 0,000015 = 15 ppm$$

Mit Dreisatz/Schlussrechnung

1200 g Lösung enthalten 0,018 g Steroidhormon.

1000000 g Lösung enthalten x g Steroidhormon

$$\frac{x}{1000000g} = \frac{0,018g}{1200g} \Rightarrow x = \frac{1000000g \cdot 0,018g}{1200g} = 15g$$

Der Massenanteil beträgt 15 ppm.

Nr. 5.7

1. Berechnung der Masse Eisensulfat in der Lösung

$$w(FeSO_4) = \frac{m(FeSO_4)}{m(Lsg)} \Rightarrow m(FeSO_4) = w(FeSO_4) \cdot m(Lsg) \Rightarrow m(FeSO_4) = 0,005 \cdot 100g = 0,5g$$

2. Berechnung der Masse Ausgangsstoff in der 0,5 g Eisensulfat enthalten sind

Berechnung mit Formel

Zuerst wird der Massenanteil von FeSO_4 in $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ berechnet:

$$w(\text{FeSO}_4) = \frac{M(\text{FeSO}_4)}{M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})} \Rightarrow w(\text{FeSO}_4) = \frac{151,91 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{278,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,5464$$

Anschließend wird die Masse Ausgangsstoff berechnet:

$$m(\text{FeSO}_4) = w(\text{FeSO}_4) \cdot m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{FeSO}_4)}{w(\text{FeSO}_4)} \Rightarrow$$
$$m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,5\text{g}}{0,5464} = 0,915\text{g}$$

Berechnung mit Dreisatz/Schlussrechnung

1 mol Eisen(II)sulfat-Heptahydrat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 278,02 g) enthält ein mol FeSO_4 (151,911 g)

In 278,02 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sind 151,911 g FeSO_4 enthalten.

In x g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sind 0,5 g FeSO_4 enthalten

$$\frac{x}{0,5\text{g}} = \frac{278,02\text{g}}{151,911\text{g}} \Rightarrow x = \frac{278,02\text{g} \cdot 0,5}{151,911\text{g}} = 0,915\text{g}$$

Es müssen 0,915 g Eisen(II)sulfat-Heptahydrat und (100 g - 0,915 g =) 99,085 g eingewogen werden.

Nr. 5.8

Berechnung mit Formel

$$w(\text{CoCl}_2) = \frac{m(\text{CoCl}_2)}{m(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{CoCl}_2) = w(\text{CoCl}_2) \cdot m(\text{Lsg}) \Rightarrow m(\text{CoCl}_2) = 0,003 \cdot 600\text{g} = 1,8\text{g}$$

$$w(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{M(\text{CoCl}_2)}{M(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})} \Rightarrow w(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{129,84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{237,93 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,5457$$

$$m(\text{CoCl}_2) = w(\text{CoCl}_2) \cdot m(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow m(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{CoCl}_2)}{w(\text{CoCl}_2)} \Rightarrow$$

$$m(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \frac{1,8\text{g}}{0,5457} \approx 3,3\text{g}$$

Berechnung mit Dreisatz

100 g Lösung enthalten 0,3 g CoCl_2

600 g Lösung enthalten x g CoCl_2 .

$$\frac{x}{600\text{g}} = \frac{0,3\text{g}}{100\text{g}} \Rightarrow x = \frac{0,3\text{g} \cdot 600\text{g}}{100\text{g}} = 1,8\text{g}$$

In 237,93 g Ausgangsstoff sind 129,84 g CoCl_2 enthalten

In x g sind 1,8 g CoCl_2 enthalten.

$$\frac{x}{1,8\text{g}} = \frac{237,93\text{g}}{129,84\text{g}} \Rightarrow x = \frac{237,93\text{g} \cdot 1,8\text{g}}{129,84\text{g}} \approx 3,3\text{g}$$

Arbeitsschritte

3,3 g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ werden in einem großen Gefäß eingewogen und mit H_2O auf 600 g aufgefüllt.

Nr. 5.9

Es können ca. 90 oder 100 g Natriumacetat hergestellt werden. Mit 100 g erleichtert sich weiterhin das Rechnen.

Lösung mit Formel

$$m(\text{NaCH}_3\text{COO}) = w(\text{NaCH}_3\text{COO}) \cdot m(\text{Lsg}) = 0,035 \cdot 100\text{g} = 3,5\text{g}$$

$$w(\text{NaCH}_3\text{COO}) = \frac{M(\text{NaCH}_3\text{COO})}{M(\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O})} \Rightarrow w(\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = \frac{82,034 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{136,080 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,6028$$

$$m(\text{NaCH}_3\text{COO}) = w(\text{NaCH}_3\text{COO}) \cdot m(\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow m(\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{NaCH}_3\text{COO})}{w(\text{NaCH}_3\text{COO})} \Rightarrow$$

$$m(\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = \frac{3,5\text{g}}{0,6028} \approx 5,81\text{g}$$

Lösung mit Dreisatz/Schlussrechnung

100 g der Lösung sollen 3,5 g Natriumacetat enthalten.

In 136,080 g $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ sind 82,034 g NaCH_3COO enthalten.

In x g $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ sind 3,5 g NaCH_3COO enthalten.

$$\frac{x}{3,5\text{g}} = \frac{136,080\text{g}}{82,034\text{g}} \Rightarrow x = \frac{136,080\text{g} \cdot 3,5\text{g}}{82,034\text{g}} \approx 5,81\text{g}$$

Arbeitsschritte

5,81 g Natriumacetat-Trihydrat werden in einem Gefäß (z.B. 100 mL-ERLENMEYER-Kolben) eingewogen und mit H_2O auf 100 g aufgefüllt. Nach vollständiger Auflösung und Durchmischung werden mit einer Vollpipette 75,00 mL entnommen und in das gewünschte Gefäß pipettiert.

Nr. 5.10

Lösung mit Formeln

$$m(\text{NaCl}) = w(\text{NaCl}) \cdot m(\text{Lsg}) = 0,04 \cdot 500\text{g} = 20\text{g}$$

$$w(\text{NaCl}) = 0,983 \text{ (Massenanteil von NaCl im Ausgangsstoff)}$$

$$m(\text{NaCl}) = w(\text{NaCl}) \cdot m(\text{Viehsalz}) \Rightarrow m(\text{Viehsalz}) = \frac{m(\text{NaCl})}{w(\text{NaCl})} \Rightarrow$$

$$m(\text{Viehsalz}) = \frac{20\text{g}}{0,983} \approx 20,35\text{g}$$

Lösung mit Dreisatz/Schlussrechnung

$$w = 0,04 \Rightarrow$$

100 g der Lösung sollen 4 g NaCl enthalten.

500 g der Lösung sollen x g NaCl enthalten

$$\frac{x}{500\text{g}} = \frac{4\text{g}}{100\text{g}} \Rightarrow x = \frac{4\text{g} \cdot 500\text{g}}{100\text{g}} = 20\text{g}$$

$$w = 98,3\% \Rightarrow$$

In 100 g Viehsalz sind 98,3 g NaCl enthalten.

In x g Viehsalz sind 20 g NaCl enthalten.

$$\frac{x}{20\text{g}} = \frac{100\text{g}}{98,3\text{g}} \Rightarrow x = \frac{100\text{g} \cdot 20\text{g}}{98,3\text{g}} \approx 20,35\text{g}$$

Es müssen 20,35 g Viehsalz eingesetzt werden.

Nr. 5.11

1. Berechnung der Masse an Lösung

$$\rho(\text{Lsg}) = \frac{m(\text{Lsg})}{V(\text{Lsg})} \Rightarrow m(\text{Lsg}) = \rho(\text{Lsg}) \cdot V(\text{Lsg}) \Rightarrow m(\text{Lsg}) = 1095 \frac{\text{g}}{\text{L}} \cdot 0,3\text{L} = 328,5\text{g}$$

2. Berechnung der einzusetzenden Masse Ausgangsstoff

Lösung mit Formeln

$$m(\text{KOH}) = w(\text{KOH}) \cdot m(\text{Lsg}) = 0,105 \cdot 328,5\text{g} = 34,4925\text{g}$$

$$w(\text{KOH}) = 0,967 \text{ (Massenanteil von KOH im Ausgangsstoff)}$$

$$m(\text{KOH}) = w(\text{KOH}) \cdot m(\text{KOH}_{\text{tech}}) \Rightarrow m(\text{KOH}_{\text{tech}}) = \frac{m(\text{KOH})}{w(\text{KOH})} \Rightarrow$$

$$m(\text{KOH}_{\text{tech}}) = \frac{34,4925\text{g}}{0,967} \approx 35,67\text{g}$$

Lösung mit Dreisatz/Schlussrechnung

$$w = 0,105 \Rightarrow$$

100 g der Lösung sollen 10,5 g KOH enthalten.

328,5 g der Lösung sollen x g KOH enthalten

$$\frac{x}{328,5g} = \frac{10,5g}{100g} \Rightarrow x = \frac{10,5g \cdot 328,5g}{100g} = 34,4925g$$

$$w = 96,7\% \Rightarrow$$

In 100 g Ausgangsstoff sind 96,7 g KOH enthalten.

In x g Ausgangsstoff sind 34,4925 g KOH enthalten.

$$\frac{x}{34,4925g} = \frac{100g}{96,7g} \Rightarrow x = \frac{100g \cdot 34,4925g}{96,7g} \approx 35,67g$$

Nr. 5.12

- Die Gehaltsangabe *Massenanteil* bezieht sich auf die Masse eines Feststoffs und die Gesamtmasse der Lösung: 5%ige Lösung heißt, dass 5 Gramm des Feststoffs in 100 Gramm Lösung enthalten sind. Die Herstellung erfolgt ausschließlich mit Hilfe der Waage, ohne dass dafür Volummessgeräte wie Pipetten benötigt werden. Aber selbst wenn der Laborant von einer Massenkonzentration (z.B. in g/100 mL) ausgeht, so hat er auch dann die Lösung falsch hergestellt:
- Löst man eine bestimmte Portion eines Feststoffs in 100,00 mL Lösemittel, dann entstehen nicht 100,00 mL Lösung! Dies hängt z.B. damit zusammen, dass die Lösemittelmoleküle die gelösten Teilchen mit einer Solvathülle umgeben. So kommt es beim Herstellen von Lösungen zu einer **Volumenkontraktion**. Will man 100 mL einer Lösung mit der Massenkonzentration $\beta = 5/100$ mL herstellen, dann gibt man unter Mischen so lange H₂O dazu, bis die **Lösung** 100 mL besitzt (Stichwörter: Volumenkontraktion, partielles molares Volumen).

$$w(\text{Gluc}) = \frac{m(\text{Gluc})}{m(\text{Gluc}) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{5g}{5g + 100g} = 0,0476 \hat{=} 4,76\%$$