

# 10 Chemie – quantitativ betrachtet

## 10.21 Zusammenfassung und Übung (S. 396 – 398)

### Zu den Aufgaben

**A1** Rauch ist ein Gemisch aus einem fein verteilten Feststoff und einem Gas. Konzentrierte Salzsäure bildet Nebel, also fein verteilte Flüssigkeitströpfchen in der Luft.

### A2

a) Der Massenanteil der Essigsäure im Essig ist  $w(\text{Essigsäure}) = 5\%$

$$b) w(\text{Essigsäure}) = \frac{m(\text{Essigsäure})}{m(\text{Gesamtlösung})} \Leftrightarrow m(\text{Essigsäure}) = w(\text{Essigsäure}) \cdot m(\text{Gesamtlösung})$$

$$m(\text{Essigsäure}) = 5\% \cdot 130 \text{ ml} \cdot 1,05 \text{ g/ml} = \frac{5 \cdot 136,5 \text{ g}}{100} = 6,825 \text{ g}$$

Ungefähr 6,8 g Säure befinden sich in 130 ml Speiseessig.

### A3

$$a) m_t(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot m_t(\text{H}) + m_t(\text{O}) = 2 \cdot 1,0 \text{ u} + 16,0 \text{ u} = 18,0 \text{ u}$$

$$b) m_t(\text{CO}_2) = m_t(\text{C}) + 2 \cdot m_t(\text{O}) = 12,0 \text{ u} + 2 \cdot 16,0 \text{ u} = 44,0 \text{ u}$$

$$c) m_t(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot m_t(\text{Fe}) + 3 \cdot m_t(\text{O}) = 2 \cdot 55,8 \text{ u} + 3 \cdot 16,0 \text{ u} = 159,6 \text{ u}$$

$$d) m_t(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot m_t(\text{H}) + m_t(\text{S}) + 4 \cdot m_t(\text{O}) = 2 \cdot 1,0 \text{ u} + 32,1 \text{ u} + 4 \cdot 16,0 \text{ u} = 98,1 \text{ u}$$

### A4

$$m_t(\text{Ca}) = 40,1 \text{ u} = \frac{40,1}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ g}} = 6,66 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

### A5

$$m(\text{Perlen}) = 496 \text{ g}; 10 \cdot m_t(\text{Perle}) = 8 \text{ g}$$

$$N(\text{Perlen}) = \frac{m(\text{Perlen})}{m_t(\text{Perle})} = \frac{496 \text{ g}}{0,8 \text{ g}} = 620$$

⇒ In der Packung sind 620 Perlen enthalten.

### A7

a) Die Stoffmengenkonzentration  $c$  wird in der Einheit mol/l angegeben.

$$c = \frac{n}{V} \text{ und } n = \frac{m}{M}$$

	Massen- konzentration $\beta$ in mg/l	molare Masse $M$ in g/mol	Stoffmengen- konzentration $c$ in mol/l
<b>Kationen</b>			
Natrium ( $\text{Na}^+$ )	42	23,0	$1,76 \cdot 10^{-4}$
Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	510	40,1	$1,27 \cdot 10^{-2}$
<b>Anionen</b>			
Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	1350	96,1	$1,41 \cdot 10^{-2}$
Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )	339	61,0	$5,56 \cdot 10^{-3}$

Beispielrechnung für Natrium-Ionen ( $\text{Na}^+$ ):

$$n(\text{Na}^+) = \frac{m(\text{Natrium})}{M(\text{Na}^+)} = \frac{0,042 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 1,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c(\text{Na}^+) = 1,83 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$$

b) Das Mineralwasser ist nicht isotonisch, da es u.a. dafür eine Massenkonzentration von 9000 mg/l an  $\text{Na}^+$  enthalten müsste, es enthält aber nur 42 mg.

**A8**

- a) Messpipetten, Pipettierhilfen (z. B. Peleusbälle), Büretten, Maßlösungen, Indikatoren, Reaktionsgefäße (z. B. Erlenmeyerkolben), Rührhilfen, Einfüllhilfen, Probelösung
- b) Individuelle Lösung, jedoch sollte abgebildet werden: Ausgangssituation (z. B. Farbe des Indikators, Flüssigkeitsstand in der Bürette, welche Lösungen befinden sich in der Vorlage und in der Bürette, Konzentrationen der Lösungen, Volumina Probe und Bürette) vor der Titration und im Neutralpunkt (Farbwechsel Indikator, Flüssigkeitsstand in der Bürette, verbrauchtes Volumen der Maßlösung)
- c) Die Titration ist ein präzises analytisches Verfahren zur quantitativen Bestimmung diverser Ionen in Probelösungen.

**A9**

a) Aus  $n = \frac{m}{M}$  und  $c = \frac{n}{V}$  folgt  $c = \frac{m}{M \cdot V}$

Mit der zuletzt genannten Größengleichung kann die Stoffmengenkonzentration des Kaliumhydroxids  $c(\text{KOH})$  berechnet werden:

$$c(\text{KOH}) = \frac{m(\text{Kaliumhydroxid})}{M(\text{KOH}) \cdot V(\text{Kalilauge})}$$

$$c(\text{KOH}) = \frac{2,8 \text{ g}}{56,11 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 0,1 \text{ l}} = \frac{2,8 \text{ mol}}{56,11 \cdot 0,1} = 0,499 \text{ mol/l} \approx 0,5 \text{ mol/l}$$

Löst man Kaliumhydroxid in Wasser, so kann dieser Vorgang durch die Reaktionsgleichung  $\text{KOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$  beschrieben werden. Daraus folgt, dass für die Stoffmenge des Kaliumhydroxids gilt:  $n(\text{KOH}) = n(\text{OH}^-)$ . Weil die Stoffmenge zur Konzentration direkt proportional ist, folgt:

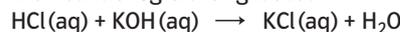
$$c(\text{KOH}) = c(\text{OH}^-) = c(\text{Kalilauge}) = 0,5 \text{ mol/l.}$$

b)  $c(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = c(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH})$

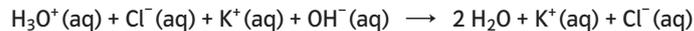
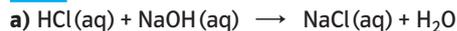
$$V(\text{HCl}) = \frac{c(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH})}{c(\text{HCl})} = \frac{0,5 \text{ mol}}{1 \cdot 0,1 \text{ l} / 1 \text{ mol/l}} = 0,05 \text{ l}$$

Es werden 50 ml Salzsäure zur Neutralisation benötigt.

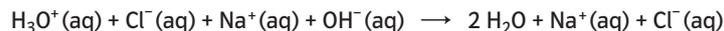
c) Die Reaktionsgleichung lautet:



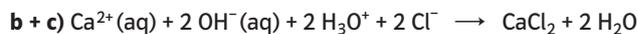
ODER in der Ionenschreibweise:

**A10**

ODER in der Ionenschreibweise:



Die Salzsäure reagiert äquimolar mit Natronlauge zu Kochsalz. Da beide Reaktanden in der gleichen Konzentration vorliegen, wird zur Neutralisation das identische Volumen  $V(\text{Natronlauge}) = 100 \text{ ml}$  benötigt.



Beim Lösen von Calciumhydroxid gehen pro Elementargruppe ein Calcium-Ion und zwei Hydroxid-Ionen in Lösung.

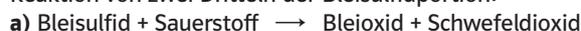
Daher benötigt man für die Neutralisation der Salzsäure ( $V = 100 \text{ ml}$ ) das halbe Volumen ( $V = 50 \text{ ml}$ ) an gleichkonzentriertem Kalkwasser.

**A11 Elementargruppen** der Bleiverbindungen:

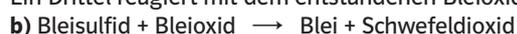
Mit  $m_t(\text{Pb}) = 207,2 \text{ u}$  ist für  $m_t(\text{Pb}_x\text{S}_y) = 239,3 \text{ u}$   $x = y = 1$  also PbS  
 $m_t(\text{S}) = 32,1 \text{ u}$  für  $m_t(\text{Pb}_x\text{O}_y) = 232,2 \text{ u}$  ist  $x = y = 1$  also PbO

**Reaktionsschemata:**

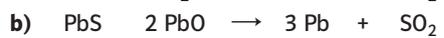
Reaktion von zwei Dritteln der Bleisulfidportion:



Ein Drittel reagiert mit dem entstandenen Bleioxid:



An der Reaktion beteiligt sind außerdem Sauerstoff-Moleküle ( $O_2$ ) und Schwefeldioxid-Moleküle ( $SO_2$ )  
 Für die Teil- und Gesamtreaktion ergeben sich folgende Reaktionsgleichungen:



**Hinweis** (für die Schülerinnen und Schüler):

In der Gleichung für die Gesamtreaktion heben sich links und rechts des Reaktionspfeiles „2 PbO“ gegenseitig auf.

### A12

a) Reaktionsgleichung:  $2 \text{ NaN}_3(\text{s}) \rightarrow 2 \text{ Na}(\text{l}) + 3 \text{ N}_2(\text{g})$

$$n(\text{N}_2) : n(\text{NaN}_3) = 3 : 2 \Leftrightarrow 2 \cdot n(\text{N}_2) = 3 \cdot n(\text{NaN}_3) \Leftrightarrow n(\text{N}_2) = \frac{3}{2} n(\text{NaN}_3)$$

$$\frac{m(\text{Stickstoff})}{M(\text{N}_2)} = \frac{3 \cdot m(\text{Natriumazid})}{2 \cdot M(\text{NaN}_3)}$$

$$\Leftrightarrow m(\text{Stickstoff}) = \frac{3 \cdot m(\text{Natriumazid}) \cdot M(\text{N}_2)}{2 \cdot M(\text{NaN}_3)}$$

$$m(\text{Stickstoff}) = \frac{3 \cdot 160 \text{ g} \cdot 28,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2 \cdot 65,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$m(\text{Stickstoff}) = 103,43 \text{ g}$$

Beim Zerfall von 160 g Natriumazid entstehen ca. 103 g Stickstoff.

$$\text{b) } V_m = \frac{V}{n} \Leftrightarrow V = n \cdot V_m$$

Mit  $n = \frac{m}{M}$  erhalten wir die Größengleichung

$$V = \frac{m \cdot V_m}{M}$$

Damit kann das Volumen des aufgeblähten Airbags berechnet werden.

$$V(\text{Stickstoff}) = \frac{m(\text{Stickstoff}) \cdot 24,11 \cdot \text{mol}^{-1}}{M(\text{N}_2)} = \frac{103,43 \text{ g} \cdot 24,11 \cdot \text{mol}^{-1}}{28,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 88,96 \text{ l}$$

Der aufgeblähte Airbag nimmt unter Normbedingungen ein Volumen von ca. 89 l ein.