

## Umsatzberechnungen I - reine und unreine Stoffe

---

Berechnungsgrundlage :

$$M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}$$

M(X)	molare Masse des Stoffes X	in g/mol
m(X)	Masse des Stoffes X	in g
n(X)	Stoffmenge des Stoffes X	in mol

Die Beziehung zwischen Massenverhältnissen und Stoffmengenverhältnissen ergibt sich zu:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1 \times M_1}{n_2 \times M_2}$$

Soll die Masse  $m_1$  bei bekannter Masse  $m_2$  berechnet werden, folgt:

$$m_1 = \frac{n_1 \times M_1}{n_2 \times M_2} * m_2$$

Der Ausdruck  $\frac{n_1 \times M_1}{n_2 \times M_2}$  wird „stöchiometrischer Faktor“ genannt und von

geübten Rechnern mit  $\frac{\text{„gesucht“}}{\text{„gefunden“}}$  \*  $m_{\text{Auswaage bzw. gefunden}}$  bei vielen Berechnungen angewendet.

Sind die Edukte verunreinigt, müssen die entsprechenden Massenanteile berücksichtigt werden. Sollten sich die Produkte nicht gemäß der Reaktionsgleichung bilden, ist auch dies zu berücksichtigen.

### Beispiel 1:

Wie viel kg Fe sind in 200 kg  $Fe_2O_3$  enthalten?

Lösung :

$$2 \text{ mol Fe} \cong 1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3 \implies m_1 = \frac{n_1 \times M_1}{n_2 \times M_2} * m_2 \implies m_{Fe} = \frac{2 \times M(Fe)}{1 \times M(Fe_2O_3)} * 200 \text{ kg Fe}_2\text{O}_3$$

„n x M gesucht“
 $m_{\text{gegeben}}$ 
„n x M gefunden = gegeben“

Es werden 140 kg Eisen erhalten.

### Beispiel 2:

Wie viel kg Kochsalz werden zur Darstellung von 25,0 kg HCl,  $w = 0,32$ , benötigt, wenn bei dem Prozess ein Verlust von 4.00% auftritt?

Lösung :

$$1 \text{ mol NaCl} \cong 1 \text{ mol HCl} \implies m_{NaCl} = \frac{1 \times M(NaCl)}{1 \times M(HCl)} * m(HCl) * w(HCl) * 100/96$$

(wegen des Verlustes muss mehr NaCl (100 / 96) eingesetzt werden, als stöchiometrisch nötig)

Es müssen 13,4 kg Kochsalz,  $w = 0,32$ , eingesetzt werden.

### Beispiel 3:

Wie viel g 97,2%ige Soda werden zur Neutralisation von 25,0 g einer 31,7%igen HCl benötigt?

Lösung:

$$1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \cong 2 \text{ mol HCl} \implies m_{Na_2CO_3} = \frac{1 \times M(Na_2CO_3)}{2 \times M(HCl)} * m(HCl) * w(HCl) * 100/97,2$$

(weil die Soda einen Massenanteil von 97,2% hat, muss entsprechen mehr (100 / 97,2) eingesetzt werden)

Es werden 11,9 g der 97,2% gen Soda benötigt.

## Umsatzberechnungen I – Übungsaufgaben

---

- Wie viel g  $\text{NH}_3$  erhält man bei der Einwirkung von konz.  $\text{NaOH}$  auf 350 g Ammoniumsulfat mit einem Massenanteil von  $w(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 0,992$ , wenn der Verlust an  $\text{NH}_3$  2,40% beträgt ?  
$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NH}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- Es sollen 500 g 40,0 %iger Fluorwasserstoffsäure ( $\text{HF}$ ) dargestellt werden.  
Wie viel g  $\text{CaF}_2$  und wie viel g 98,0 %iger Schwefelsäure sind anzuwenden ?  
$$\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2 \text{HF} + \text{CaSO}_4$$
- Wie groß ist die Stoffmenge  $n(\text{Al})$  in Mol von 16,6 g  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ?
- Wie viel Gramm chemisch gebundenes Chlor sind in 500 g Natriumchlorid-Lösung,  $w(\text{NaCl}) = 5,00\%$ , enthalten?
- Wie viel Gramm Ammoniumsulfat entstehen bei der Umsetzung von 60,0 g technischem Ammoniumchlorid,  $w(\text{NH}_4\text{Cl}) = 92,0\%$ , mit Schwefelsäure ?
- Wie viel g Kristallwasser verlieren 12,84 g kristallwasserhaltiges Natriumcarbonat,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ , durch Umwandlung in wasserfreies Natriumcarbonat ?
- 30,0 g Aluminiumhydroxid  $w(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,800$  werden mit Schwefelsäure  $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,300$  neutralisiert. Wie viel g Aluminiumsulfat entstehen, wenn der Verlust 20,0 % beträgt ?
- Es sollen 400 g  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  hergestellt werden. Wie viel g  $\text{H}_3\text{BO}_3$  mit  $w(\text{H}_3\text{BO}_3) = 0,650$  muss eingesetzt werden, wenn eine Ausbeute von 90,0% zugrunde liegt ?
- Wie viel g  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $w=0,650$ , müssen mit  $\text{NaCl}$  reagieren, wenn daraus 300 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $w=0,950$ , entstehen sollen ?  $\text{NaCl}$  liegt im Überschuss vor.
- Wie viel Gramm 97,2%iges  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  werden zur Neutralisation von 25,0 g einer 31,7%igen Salzsäure benötigt?
- Wie viel kg Brom können durch Einleiten von Chlor in 10 t einer Lösung mit 0,50%  $\text{MgBr}_2$  erhalten werden, wenn die Verluste 5,3% betragen?
- Bei der Bestimmung des Bariums als Bariumsulfat sollen 20,0 mL aus einem 250 mL Messkolben zur Analyse gelangen. Wie viel g  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  müssen in den Messkolben eingewogen werden, damit die Auswaagen ca. 400 mg betragen?
- 20,00 mL einer Fe(III)-salzlösung werden auf 250 mL aufgefüllt. 100 mL dieser Lösung ergeben nach der Fällung und Glühen eine Auswaage von 457,7 mg  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .  
Wie groß ist die Massenkonzentration  $\beta(\text{Fe})$  in g/L der Ausgangslösung ?
- Zur Bestimmung des Silbergehaltes einer Münze werden 1,4630 g der Münze gelöst und im 250-mL-Messkolben aufgefüllt. 50,00 mL der aufgefüllten Lösung werden gravimetrisch analysiert. Auswaage: 0,263 g  $\text{AgCl}$ . Wie groß ist der Massenanteil  $w(\text{Ag})$  in % der Münze?
- 12,0 mol Calciumhydroxid sollen zu Calciumphosphat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) umgesetzt werden. Wie viel Liter Phosphorsäure,  $c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3,00 \text{ mol/L}$ , müssen verwendet werden, wenn die Säure mit 20,0%igem Überschuss hinzu gegeben werden soll?

Bemerkung:

Ausführungen zur Genauigkeitsangabe siehe: „Genauigkeit im Zahlenrechnen“ von P. Fotschki

## Lösungen :

1.

1 mol  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  reagiert mit 2 mol  $\text{NH}_3$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{NH}_3) &= 2 \cdot M(\text{NH}_3) / M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \cdot m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \cdot w((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \cdot 97,6/100 \\ &\quad (\text{weil bei der } \text{NH}_3 \text{ Darstellung ein Verlust von 2,4\% auftritt, erhält man weniger (= 97,6/100)}) \\ &= 2 \cdot 17,031 \text{ g/mol} / 132,14 \text{ g/mol} \cdot 350 \text{ g} \cdot 0,992 \cdot 97,6/100 \\ &= 87,35 \text{ g } \text{NH}_3 \end{aligned}$$

.Bei der Einwirkung von konz.  $\text{NaOH}$  erhält man 87,4 g  $\text{NH}_3$ .

2.

1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  reagiert mit 1 mol  $\text{CaF}_2$  und bildet 2 mol  $\text{HF}$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{CaF}_2) &= M(\text{CaF}_2) / (2 \cdot M(\text{HF})) \cdot m(\text{HF}) \cdot w(\text{HF}) \\ &= 78,07 \text{ g/mol} / 2 \cdot 20,01 \text{ g/mol} \cdot 500 \text{ g} \cdot 40/90 = 390,15 \text{ g } \text{CaF}_2 \\ m(\text{H}_2\text{SO}_4) &= M(\text{H}_2\text{SO}_4) / (2 \cdot M(\text{HF})) \cdot m(\text{HF}) \cdot w(\text{HF}) \cdot 100/98 = 500,15 \text{ g } \text{H}_2\text{SO}_4 \\ &\quad (\text{weil die } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ nur 98\%ig ist, muss davon mehr eingesetzt werden (=100/98)}) \end{aligned}$$

Für die Darstellung der  $\text{HF}$  sind 390 g  $\text{CaF}_2$  und 500 g der 98%igen  $\text{H}_2\text{SO}_4$  einzusetzen.

3.

$$16,6 \text{ g } \text{Al}(\text{OH})_3 / M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,2128 \text{ mol } \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{mol Al} \quad M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78,0036 \text{ g/mol}$$

Die Stoffmenge beträgt 0,213 mol Al.

4.

$$1 \text{ mol } \text{NaCl} \text{ enthält } 1 \text{ mol Cl} \quad M(\text{NaCl}) = 58,44 \text{ g/mol} \quad M(\text{Cl}) = 35,453 \text{ g/mol}$$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{Cl}) &= M(\text{Cl}) / M(\text{NaCl}) \cdot m(\text{NaCl}) \cdot w(\text{NaCl}) \\ &= 35,453 \text{ g/mol} / 58,44 \text{ g/mol} \cdot 500 \text{ g} \cdot 0,05 = 15,166 \text{ g Cl} \end{aligned}$$

In der  $\text{NaCl}$ -Lösung sind 15,2 g Chlor enthalten.

5.

Für 1 mol  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  werden 2 mol  $\text{NH}_4\text{Cl}$  benötigt

$$M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 132,14 \text{ g/mol} \quad M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,491 \text{ g/mol}$$

$$\implies m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 132,14 \text{ g/mol} / (2 \cdot 53,491 \text{ g/mol}) \cdot 60,0 \text{ g } \text{NH}_4\text{Cl} \cdot 0,92 = 68,181 \text{ g}$$

Es entstehen 68,2 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  aus 60,0 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  mit  $w=0,92$ .

6.

Aus 1 mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  entstehen 10 mol  $\text{H}_2\text{O}$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = 286,17 \text{ g/mol} \quad M(\text{H}_2\text{O}) = 18,018 \text{ g/mol}$$

$$\implies m(\text{H}_2\text{O}) = 18,018 \text{ g/mol} \cdot 10 / 286,17 \text{ g/mol} \cdot 12,84 \text{ g } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O} = 8,0844 \text{ g } \text{H}_2\text{O}$$

Aus 12,84 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  entstehen 8,084 g  $\text{H}_2\text{O}$

7.

Für 1 mol  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  werden 2 mol  $\text{Al}(\text{OH})_3$  benötigt.

$$M(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 342,15 \text{ g/mol} \quad M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78,0036 \text{ g/mol}$$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) &= 342,15 \text{ g/mol} / (2 \cdot 78,0036 \text{ g/mol}) \cdot 30,8 \text{ g } \text{Al}(\text{OH})_3 \cdot 0,800 \quad (w(\text{Al}(\text{OH})_3) \cdot 0,800) \\ &= 42,108 \text{ g } \text{Al}(\text{OH})_3 \quad (\text{weil der Verlust 20,0 \% beträgt, wird die Ausbeute um 80/100 kleiner}) \end{aligned}$$

Bei der Reaktion entstehen 42,11 g  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

8.

Um 1 mol  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  herzustellen, werden 4 mol  $\text{H}_3\text{BO}_3$  benötigt

$$M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = 381,4 \text{ g/mol} \quad M(\text{H}_3\text{BO}_3) = 61,83 \text{ g/mol}$$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{H}_3\text{BO}_3) &= 4 \cdot M(\text{H}_3\text{BO}_3) / M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) \cdot 400 \text{ g } \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O} \cdot 100/65 \cdot 100/90 \\ &= 443,4 \text{ g } \text{H}_3\text{BO}_3 \end{aligned}$$

## Umsatzberechnungen I – Übungsaufgaben

(Massenanteil  $\text{H}_3\text{BO}_3 = 0,650$ , es muss mit  $100/65$  multipliziert; Ausbeute =  $90,0\%$ , es muss mit  $100/90$  multipliziert werden – aus beiden Gründen mehr eingesetzt werden muss!)

Für die Herstellung des  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  muss  $443 \text{ g H}_3\text{BO}_3$  eingesetzt werden.

9.

Aus  $2 \text{ mol NaCl}$  und  $1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$  kann  $1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4$  entstehen

$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,079 \text{ g/mol}$      $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142,04 \text{ g/mol}$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{H}_2\text{SO}_4) &= M(\text{H}_2\text{SO}_4) / M(\text{Na}_2\text{SO}_4) * m(\text{Na}_2\text{SO}_4) * w(\text{Na}_2\text{SO}_4) \\ &= 98,079 \text{ g/mol} / 142,04 \text{ g/mol} * 100/65 * 600 \text{ g} * 0,950 = 302,76 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \end{aligned}$$

(weil die eingesetzte Schwefelsäure nur  $65,0\%$ ig ist, muss davon mehr eingesetzt werden =  $100/65$ )

Es müssen  $303 \text{ g H}_2\text{SO}_4$  eingesetzt werden.

10.

$1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$  reagiert mit  $2 \text{ mol HCl}$                        $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 105,99 \text{ g/mol}$      $M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g/mol}$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= M(\text{Na}_2\text{CO}_3) / (2 * M(\text{HCl})) * m(\text{HCl}) * w(\text{HCl}) * 100/97,2 \\ &= 105,99 \text{ g/mol} / (2 * 36,46 \text{ g/mol}) * 25,0 \text{ g HCl} * 0,317 * 100/97,2 = 11,851 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \end{aligned}$$

Es werden  $11,9 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$  benötigt.

11.

$1 \text{ mol MgBr}_2$  ergibt  $2 \text{ mol Br}$                        $M(\text{MgBr}_2) = 184,113 \text{ g/mol}$      $M(\text{Br}) = 79,904 \text{ g/mol}$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{Br}) &= 2 * M(\text{Br}) / M(\text{MgBr}_2) * m(\text{MgBr}_2) * w(\text{MgBr}_2) * (\text{Verlust } 5,3\%) \\ &= 2 * 79,904 \text{ g/mol} / 184,113 \text{ g/mol} * 10000 \text{ kg} * 0,005 * 94,7/100 = 41,099 \text{ kg Brom} \end{aligned}$$

(weil ein Verlust von  $5,3\%$  vorliegt, wird weniger Brom erhalten. Deshalb  $* 94,7/100$ )

Es werden  $41 \text{ kg Brom}$  erhalten.

12.

$M(\text{BaSO}_4) = 233,43 \text{ g/mol}$      $M(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 261,37 \text{ g/mol}$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) &= m(\text{BaSO}_4) * M(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) / M(\text{BaSO}_4) \\ &= 400 \text{ mg} * 261,37 \text{ g/mol} / 233,43 \text{ g/mol} \\ &= 447,87 \text{ mg Ba}(\text{NO}_3)_2 \text{ entsprechen den } 400 \text{ mg BaSO}_4 \\ &= 447,87 \text{ mg} * 250 \text{ mL} / 20 \text{ mL} = 5598 \text{ mg} \end{aligned}$$

Es müssen  $5,60 \text{ g Ba}(\text{NO}_3)_2$  eingewogen werden.

13.

$1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3$  ergibt  $2 \text{ mol Fe}$                        $M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,7 \text{ g/mol}$      $M(\text{Fe}) = 55,845 \text{ g/mol}$

$$\begin{aligned} \implies m(\text{Fe}) &= 2 * M(\text{Fe}_2\text{O}_3) / M(\text{Fe}) * 457,7 \text{ mg Auswaage} = 320,1 \text{ mg Fe} \\ &= 320,1 \text{ mg Fe} * 250 \text{ mL} / 100 \text{ mL} * 1000 \text{ mL} / 20 \text{ mL} = 40012 \text{ mg} \end{aligned}$$

(weil  $250/100$ , weil  $100 \text{ mL}$  aus  $250 \text{ mL MK}$  und  $1000/20$ , weil  $20 \text{ mL}$  aus  $1 \text{ L MK}$  abgenommen)

Die Massenkonzentration  $\beta(\text{Fe})$  beträgt  $40,01 \text{ g/L}$ .

14.

$$\begin{aligned} \implies w(\text{Ag}) &= M(\text{Ag}) / M(\text{AgCl}) * 0,263 \text{ g AgCl (Auswaage)} = 0,19794 \text{ g Ag} \\ &= 0,19794 \text{ g Ag} * 250 \text{ mL} / 50 \text{ mL} / 1,4630 \text{ g (m(Münze))} * 100 \\ &= 107,8682 \text{ g/mol} / 143,32 \text{ g/mol} / 0,263 \text{ g} * 250/50 / 01,4630 \text{ g} * 100 = 67,6500 \text{ g Ag} \end{aligned}$$

Der Massenanteil  $w(\text{Ag})$  in der Münze beträgt  $67,7 \%$ .

15.

$3 \text{ mol Ca}(\text{OH})_2$  reagieren mit  $2 \text{ mol H}_3\text{PO}_4$  zu  $1 \text{ mol Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Dann reagieren mit  $12 \text{ mol Ca}(\text{OH})_2$   $8 \text{ mol H}_3\text{PO}_4$

Das entspricht einer Menge an Phosphorsäure,  $c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3,00 \text{ mol/L}$ , von  $8/3 = 2,666 \text{ L}$ .

Der Überschuss soll  $20\%$  betragen, d.h.  $2,666 \text{ L} * 120/100 = 3,200 \text{ L}$

Es werden  $3,20 \text{ L}$  der Phosphorsäure,  $c(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3,00 \text{ mol/L}$ , benötigt (Überschuss =  $120/100$ ).