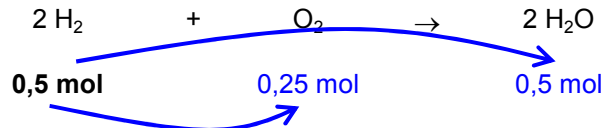


## Umsatzberechnungen mit Reinstoffen

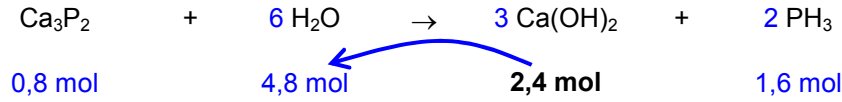
1. Richten Sie zuerst die Reaktionsgleichung ein. Berechnen Sie anschließend anhand der gegebenen Stoffmenge, die Stoffmengen der anderen gebildeten bzw. verbrauchten Reaktionspartner.

### Beispiel 1



2 H<sub>2</sub>-Moleküle reagieren mit 1 O<sub>2</sub>-Molekül (vgl. *Koeffizientenverhältnis 2:1*). Mit anderen Worten: Es wird immer die halbe (1/2) Stoffmenge O<sub>2</sub> verbraucht. 0,5 mol H<sub>2</sub> reagieren entsprechend mit 0,25 mol O<sub>2</sub>. Dabei entstehen 0,5 mol H<sub>2</sub>O (wegen Koeffizientenverhältnis 2:2).

### Beispiel 2



Aus dem Koeffizientenverhältnis 6:3 folgt, dass die doppelte Menge H<sub>2</sub>O verbraucht wird, wie Ca(OH)<sub>2</sub> entsteht, d.h. 4,8 mol. Aus dem 1:3-Koeffizientenverhältnis (Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub> : 3 Ca(OH)<sub>2</sub>), folgt dass 3 mal mehr Ca(OH)<sub>2</sub> gebildet wird, wie Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub> verbraucht wird. Mit anderen Worten: Es wird 1 Drittel der Ca(OH)<sub>2</sub>-Stoffmenge benötigt, d.h. 0,8 mol. Aus dem Koeffizientenverhältnis 3:2 folgt, dass 1,6 mol PH<sub>3</sub> gebildet werden, wenn 2,4 mol Ca(OH)<sub>2</sub> entstehen.

a)	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 1 mol	+		→	Na <sub>2</sub> O	+	O <sub>2</sub>
b)	NaHCO <sub>3</sub>			→	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0,5 mol	+	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O
c)	N <sub>2</sub> O	+	H <sub>2</sub>	→	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	+	H <sub>2</sub> O
			0,75 mol				
d)	Cu <sub>2</sub> S	+	Cu <sub>2</sub> O	→	SO <sub>2</sub>	+	Cu
							0,9 mol
e)	H <sub>2</sub> O	+	CO <sub>2</sub>	→	CH <sub>4</sub>	+	O <sub>2</sub>
	0,654 mol						
f)	Al <sub>4</sub> C <sub>3</sub>	+	H <sub>2</sub> O	→	Al(OH) <sub>3</sub>	+	CH <sub>4</sub>
			1,15 mol				

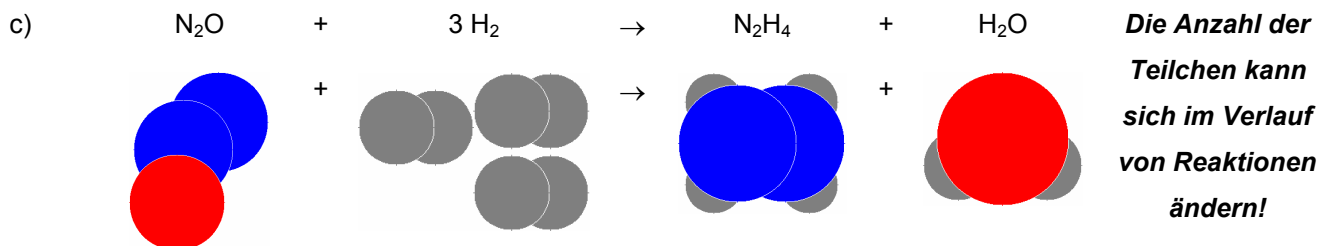
2. a) Welche Masse Natrium und welches Volumen Cl<sub>2</sub>-Gas (p = 1013 hPa, θ = 20 °C) müssen zur Synthese von 10 g NaCl eingesetzt werden? Anm.: 1 mol eines Gases nimmt bei 20 °C und 1013 hPa 24,06 L ein.
- b) Welche Auswirkung hat es auf die NaCl-Masse, wenn 12,5% mehr Na als berechnet eingesetzt werden?
3. Berechnen sie die Volumina an H<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> (p = 1013 hPa, θ = 20 °C) um 50 mL H<sub>2</sub>O herzustellen. (ρ = 1,0 g/cm<sup>3</sup>). Anm.: 1 mol eines Gases nimmt bei 20 °C und 1013 hPa 24,06 L ein.
4. Calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>) reagiert in Salzsäure zu CaCl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub>. Berechnen Sie Masse bzw. Gasvolumen der entstehenden Produkte, wenn 0,291 g CaCO<sub>3</sub> eingesetzt werden.
5. Welche Masse Schwefel lässt sich aus 20 g FeS gewinnen?
6. Bei der Reaktion von Bariumhydroxid (Ba(OH)<sub>2</sub>) mit CO<sub>2</sub> entstehen Bariumcarbonat (BaCO<sub>3</sub>) und Wasser. Man lässt 10 g Ba(OH)<sub>2</sub> mit einem Überschuss an CO<sub>2</sub> reagieren. Berechnen Sie die Masse m(BaCO<sub>3</sub>).
7. In Raketen mit Flüssigtreibstoff nutzt man Hydrazin (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) und N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Distickstofftetraoxid) als Treibstoffkomponenten. Werden beide Komponenten zusammen gebracht, so zünden sie spontan, d.h. ohne Zündquelle (**hypergoler** Treibstoff). Bei der Reaktion entsteht Stickstoff und Wasser. Welche Masse an Stickstoff und H<sub>2</sub>O entstehen pro kg Hydrazin? In welchem Massenverhältnis müssen die Ausgangsstoffe in der Raketendüse zusammengebracht werden?

# Lösungen - ohne Gewähr

Nr. 1

a)	$2 \text{ Na}_2\text{O}_2$	$\rightarrow$	$2 \text{ Na}_2\text{O}$	+	$\text{O}_2$		
	1 mol		1 mol		0,5 mol		
b)	$2 \text{ NaHCO}_3$	$\rightarrow$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	+	$\text{CO}_2$	+	$\text{H}_2\text{O}$
	1 mol		0,5 mol		0,5 mol		0,5 mol
c)	$\text{N}_2\text{O}$	+	$3 \text{ H}_2$	$\rightarrow$	$\text{N}_2\text{H}_4$	+	$\text{H}_2\text{O}$
	0,25 mol		0,75 mol		0,25 mol		0,25 mol
d)	$\text{Cu}_2\text{S}$	+	$2 \text{ Cu}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{SO}_2$	+	$6 \text{ Cu}$
	0,15 mol		0,3 mol		0,15 mol		0,9 mol
e)	$2 \text{ H}_2\text{O}$	+	$\text{CO}_2$	$\rightarrow$	$\text{CH}_4$	+	$2 \text{ O}_2$
	0,654 mol		0,327 mol		0,327 mol		0,654 mol
f)	$\text{Al}_4\text{C}_3$	+	$12 \text{ H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$4 \text{ Al(OH)}_3$	+	$3 \text{ CH}_4$
	0,095833 mol		1,15 mol		0,3833 mol		0,2875 mol

Man beachte! Die Stoffmenge bleibt während einer chemischen Reaktion nicht unbedingt konstant! So entstehen z.B. bei c) aus 4 Ausgangsstoffmolekülen 2 Produktmoleküle. Aus 1 mol (0,25 mol + 0,75 mol) Ausgangsstoffen entstehen insgesamt 0,5 mol Produkte!



Die Gesamtmasse bleibt bei chemischen Reaktionen erhalten, die Stoffmenge bzw. Teilchenzahl kann sich ändern!

Nr. 2

Aus Vergleich der Koeffizienten folgt:

Für jedes verbrauchte Na entsteht 1 NaCl-Formeleinheit (folgt aus Koeffizientenverhältnis 2:2).



a) Umrechnung von  $m(\text{NaCl})$  in  $n(\text{NaCl})$

$$M(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{n(\text{NaCl})} \Rightarrow n(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})}$$

$$M(\text{NaCl}) = 58,44 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ (Wert mit des PSE berechnet)}$$

$$n(\text{NaCl}) = \frac{10\text{g}}{58,44\text{g}} = 0,1711\text{mol}$$

## b) Ermittlung der Stoffmengen und der Masse Natrium Na (anhand Koeffizienten der Reaktionsgleichung)

Pro verbrauchtes mol Na entsteht 1 mol NaCl. Dies ergibt sich durch Vergleich der

Koeffizienten:  $2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$ . Da 0,1711 mol NaCl herzustellen sind müssen  $n(Na) = 0,1711$  mol Na eingesetzt werden.

### Umrechnung in m(Na)

$$m(Na) = M(Na) \cdot n(Na)$$

$$M(Na) = 22,99 \frac{g}{mol} \quad (\text{Wert aus PSE})$$

$$m(Na) = 22,99 \frac{g}{mol} \cdot 0,1711 mol \approx 3,93g$$

## c) Ermittlung der Stoffmenge Cl<sub>2</sub> und Umrechnung in das Volumen V(Cl<sub>2</sub>)

Er wird die **halbe** Stoffmenge verbraucht, wie Stoffmenge NaCl entsteht. Dies ergibt sich durch Vergleich der

Koeffizienten:  $2Na + 1Cl_2 \rightarrow 2NaCl$ . Da 0,1711 mol NaCl herzustellen sind, müssen  $n(Cl_2) = 0,1711 \text{ mol} : 2 = 0,08555$  mol Cl<sub>2</sub> eingesetzt werden.

Bei Gasen wird üblicherweise das benötigte Volumen angegeben und nicht die benötigte Masse wie bei Feststoffen oder Flüssigkeiten. **Allgemein gilt: 1 mol eines beliebigen (idealen) Gases nimmt bei 20 °C und Normaldruck 24,06 L ein.**

$$\text{Dreisatz} \quad 1 \text{ mol} \quad = 24,06 \text{ L}$$

$$0,08555 \text{ mol} \quad = x \text{ L}$$

$$\frac{x}{24,06} = \frac{0,08555}{1} \Rightarrow x \approx 2,06L$$

Auch wenn 12,5% mehr Cl<sub>2</sub> eingesetzt wird kann nicht mehr NaCl synthetisiert werden, da Na für die Reaktion fehlt. Stoffe reagieren nur in festen Massenverhältnissen miteinander!

Nr. 3

2.  $H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O$ ; **Elementare Gase sind stets zweiatomig (bis auf die Edelgase): O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, F<sub>2</sub> ...**

### a) Berechnung der Stoffmenge H<sub>2</sub>O:

Mit der Dichte  $\rho \approx 1,0 \text{ g/mL}$  folgt aus  $V(H_2O) = 50 \text{ mL} \Rightarrow m(H_2O) = 50 \text{ g}$

$$n(H_2O) = \frac{50g}{18,02 \frac{g}{mol}} \approx 2,778mol \quad (M(H_2O) = 18,02 \text{ g/mol: mit PSE berechnet})$$

### b) Ermittlung der Stoffmengen n(H<sub>2</sub>) und Volumenberechnung

Pro mol H<sub>2</sub>O wird 1 mol H<sub>2</sub> verbraucht. dies folgt aus dem Koeffizientenverhältnis 2: 2. Mit anderen Worten: Die gleiche Anzahl an H<sub>2</sub>-Molekülen wird gebildet, wie H<sub>2</sub> verbraucht wird.  $\Rightarrow n(H_2O) = 2,778 \text{ mol}$ .

1 mol eines beliebigen (idealen) Gases nehmen wie 20 °C und Normaldruck 24,06 L ein.

$$\text{Dreisatz} \quad \frac{x}{24,06} = \frac{2,778mol}{1} \Rightarrow x \approx 66,84L \quad V(H_2) = 66,84 L$$

### c) Ermittlung der Stoffmengen $n(\text{O}_2)$ und Volumenberechnung

Aus dem Koeffizientenverhältnis 1: 2 folgt: Es entsteht doppelt so viel  $\text{H}_2\text{O}$  wie  $\text{O}_2$  verbraucht wird. Mit anderen Worten: Die verbrauchte  $\text{O}_2$ -Stoffmenge ist halb so groß wie die synthetisierte  $\text{H}_2\text{O}$ -Menge.

$$\Rightarrow n(\text{O}_2) = 2,778 \text{ mol} : 2 = 1,389 \text{ mol.}$$

Mit dem Molvolumen ( $1 \text{ mol} \triangleq 24,06 \text{ L}$ ) folgt der Dreisatz:

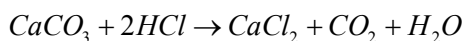
$$1 \text{ mol} = 24,06 \text{ L}$$

$$1,389 \text{ mol} = x \text{ L}$$

$$\frac{x}{24,06} = \frac{1,389 \text{ mol}}{1} \Rightarrow x \approx 33,42 \text{ L. } V(\text{O}_2) = 33,42 \text{ L}$$

Man hätte auch schlussfolgern können. Es wird das halbe Volumen  $\text{O}_2$  benötigt, wie  $\text{H}_2$ -Volumen benötigt wird, da das Koeffizientenverhältnis 2 : 1 ist ( $2 \text{ H}_2 + 1 \text{ O}_2 \rightarrow \dots$ ). Also  $V(\text{O}_2) = 66,84 \text{ L} : 2 = 33,42 \text{ L}$ .

Nr. 4



#### a) Berechnung der Stoffmenge $\text{CaCO}_3$ :

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,291 \text{ g}}{100,09 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,002907 \text{ mol} \quad (M(\text{CaCO}_3) = 100,09 \text{ g/mol: mit PSE berechnet})$$

#### b) Ermittlung der Stoffmengen der Produkte und Umrechnung in Masse bzw. Volumen

Aus den Koeffizientenverhältnissen folgt:

Es entstehen  $n(\text{CaCl}_2) = 0,002907 \text{ mol CaCl}_2$ .

$$m(\text{CaCl}_2) = M(\text{CaCl}_2) \cdot n(\text{CaCl}_2)$$

$$\text{Mit } M(\text{CaCl}_2) = 110,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ (Wert aus PSE) folgt: } m(\text{CaCl}_2) = 110,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,002907 \text{ mol} \approx 0,323 \text{ g}$$

Es entstehen  $n(\text{CO}_2) = 0,002907 \text{ mol CO}_2$ . (vgl. Koeffizientenverhältnis)

Mit dem Molvolumen ( $1 \text{ mol} \triangleq 24,06 \text{ L}$ ) folgt der Dreisatz:

$$1 \text{ mol} = 24,06 \text{ L}$$

$$0,002907 \text{ mol} = x \text{ L}$$

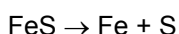
$$\frac{x}{24,06} = \frac{0,002907 \text{ mol}}{1} \Rightarrow x \approx 0,070 \text{ L} \approx 70 \text{ mL. } V(\text{CO}_2) = 70 \text{ mL}$$

Es entstehen  $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,002907 \text{ mol H}_2\text{O}$ . (vgl. Koeffizientenverhältnis)

$$m(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})$$

$$\text{Mit } M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \text{ (Wert aus PSE) folgt: } m(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,002907 \text{ mol} \approx 0,052 \text{ g}$$

Nr. 5



a) Berechnung der Stoffmenge FeS

$$n(\text{FeS}) = \frac{m(\text{FeS})}{M(\text{FeS})} \Rightarrow n(\text{FeS}) = \frac{20\text{g}}{87,913 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,227\text{mol}$$

b) Berechnung der Masse S

$$m(\text{S}) = M(\text{S}) \cdot n(\text{S}) \Rightarrow m(\text{S}) = 32,066 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,227\text{mol} \approx 7,29\text{g}$$

### Alternativer Berechnungsweg

Man kann mithilfe der molaren Massen den Massenanteil von S in FeS berechnen:

$$w(\text{S}) = \frac{32,066 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{87,913 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,3647 \quad (\text{Der Schwefelanteil an der FeS-Masse beträgt } 36,47\%)$$

$$m(\text{S}) = m(\text{FeS}) \cdot w(\text{S}) = 20\text{g} \cdot 0,3647 = 7,29$$

Nr. 6



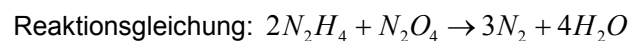
Auch wenn ein Überschuss an  $\text{CO}_2$  eingesetzt wird, so ist doch die  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ -Masse der limitierende Faktor. Der Überschuss an  $\text{CO}_2$  ist nach der Reaktion unverändert vorhanden.

$$n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{m(\text{Ba}(\text{OH})_2)}{M(\text{Ba}(\text{OH})_2)} \Rightarrow n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = \frac{10\text{g}}{171,342 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,0584\text{mol}$$

Aus dem 1:1-Koeffizientenverhältnissen folgt:

$$m(\text{BaCO}_3) = n(\text{BaCO}_3) \cdot M(\text{BaCO}_3) \Rightarrow m(\text{BaCO}_3) = 0,0584\text{mol} \cdot 197,336 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 11,51\text{g}$$

Nr. 7



a) Berechnung der Stoffmenge Hydrazin

$$n(\text{N}_2\text{H}_4) = \frac{m(\text{N}_2\text{H}_4)}{M(\text{N}_2\text{H}_4)} \Rightarrow n(\text{N}_2\text{H}_4) = \frac{1000\text{g}}{32,045 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 31,206\text{mol}$$

b) Berechnung der Masse an Stickstoff

Aus dem Koeffizientenverhältnis folgt: Für 2 mol Hydrazin entstehen 3 mol Stickstoff. Es entsteht also die  $3/2 = 1,5$ fache Menge  $\text{N}_2$  wie  $\text{N}_2\text{H}_4$  verbraucht wird.

$$n(\text{N}_2) = n(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot 1,5 = 31,206\text{mol} \cdot 1,5 = 46,809\text{mol}$$

Auch über ausgeschriebenen Dreisatz:

$$2\text{ mol N}_2\text{H}_4 \triangleq 3\text{ mol N}_2$$

$$31,206\text{ mol} \triangleq x$$

$$\frac{x}{31,206\text{mol}} = \frac{3\text{mol}}{2\text{mol}} \Rightarrow x = \frac{3\text{mol}}{2\text{mol}} \cdot 31,206\text{mol} = 46,809\text{mol}$$

$$m(N_2) = n(N_2) \cdot M(N_2) \Rightarrow m(N_2) = 46,809 \text{ mol} \cdot 28,014 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \approx 1311 \text{ g}$$

### c) Berechnung der Masse an H<sub>2</sub>O

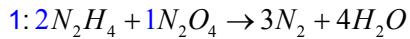
Aus dem 2:4-Koeffizientenverhältnis folgt: Es entsteht die doppelte Menge H<sub>2</sub>O wie N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> verbraucht wird.

$$\Rightarrow n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 31,206 \text{ mol} = 62,412 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 62,412 \text{ mol} \approx 1125 \text{ g}$$

### Berechnung des Massenverhältnisses

Das Stoffmengenverhältnis ergibt sich aus der Reaktionsgleichung und beträgt 2:



2 mol Hydrazin reagieren mit 1 mol Distickstofftetraoxid: Dieses Stoffmengenverhältnis kann in ein Massenverhältnis umgerechnet werden:

$$m(\text{N}_2\text{H}_4) = n(\text{N}_2\text{H}_4) \cdot M(\text{N}_2\text{H}_4) \Rightarrow m(\text{N}_2\text{H}_4) = 2 \text{ mol} \cdot 32,05 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 64,10 \text{ g}$$

$$m(\text{N}_2\text{O}_4) = n(\text{N}_2\text{O}_4) \cdot M(\text{N}_2\text{O}_4) \Rightarrow m(\text{N}_2\text{O}_4) = 1 \text{ mol} \cdot 92,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 92,01 \text{ g}$$

Das Massenverhältnis beträgt N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>: N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> = 64,10 g : 92,01 g, oder runtergerechnet N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>: N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> = 1 g : 1,43 g

a)	$2 \text{Na}_2\text{O}_2$		$\rightarrow$	$2 \text{Na}_2\text{O}$	+	$\text{O}_2$		
	1 mol			1 mol		0,5 mol		
b)	$2 \text{NaHCO}_3$		$\rightarrow$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	+	$\text{CO}_2$	+	$\text{H}_2\text{O}$
	1 mol			0,5 mol		0,5 mol		0,5 mol
c)	$\text{N}_2\text{O}$	+	$3 \text{H}_2$	$\rightarrow$	$\text{N}_2\text{H}_4$	+	$\text{H}_2\text{O}$	
	0,25 mol		0,75 mol		0,25 mol		0,25 mol	
d)	$\text{Cu}_2\text{S}$	+	$2 \text{Cu}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$\text{SO}_2$	+	$6 \text{Cu}$	
	0,15 mol		0,3 mol		0,15 mol		0,9 mol	
e)	$2 \text{H}_2\text{O}$	+	$\text{CO}_2$	$\rightarrow$	$\text{CH}_4$	+	$2 \text{O}_2$	
	0,654 mol		0,327 mol		0,327 mol		0,654 mol	
f)	$\text{Al}_4\text{C}_3$	+	$12 \text{H}_2\text{O}$	$\rightarrow$	$4 \text{Al}(\text{OH})_3$	+	$3 \text{CH}_4$	
	0,095833 mol		1,15 mol		0,3833 mol		0,285 mol	