

Quantitative Aspekte chemischer Reaktionen

1. Die Masse von Atomen

Die **atomare Masseneinheit** m_a [Einheit: u] gibt die Masse von Atomen im Verhältnis (= „relativ“) zu einem willkürlich festgelegten Bezugspunkt an. Seit 1961 gilt:

$$1u = \frac{1}{12} \text{Masse } ^{12}\text{C}$$

Mit Hilfe von **Massenspektrometern** (s. Buch S. 34) konnte der Wert von u in Gramm bestimmt werden. Es gilt:

$$1 u = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{g}$$

Die **atomare Masse** $m_a [u]$ ist im PSE für alle Elemente angegeben. Sie ist der gewichtete Mittelwert aus allen natürlich vorkommenden Isotopen.

Bsp.: Wieviel Gramm wiegt ein Magnesium-Atom?

Gegeben: $m_a(\text{Mg}) = 24,305u$ (s. PSE o. FS),
 $1u = 1,661 \cdot 10^{-24} \text{g}$ (auswendig lernen o. FS)

Gesucht: $m(\text{Mg-Atom})$

Lösung:

$$m(\text{Mg-Atom}) = m_a(\text{Mg}) \cdot 1,661 \cdot 10^{-24} \frac{\text{g}}{u}$$

$$= 24,305u \cdot 1,661 \cdot 10^{-24} \frac{\text{g}}{u}$$

$$= \underline{4,04 \cdot 10^{-23} \text{g}}$$

Die Masse von Molekülen oder Formeln ergibt sich aus der Addition aller am Aufbau der Verbindung beteiligten Atome, Bsp.:

- Bestimme die Atommasse eines Chloratoms in u und g !
- Berechne die Masse eines Chlormoleküls in u !
- Berechne die Molekülmasse (in u) von folgenden Molekülen!

Schwefelsäure (H_2SO_4):

Ethanol (Trinkalkohol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$):

Adrenalin ($\text{C}_9\text{H}_{13}\text{NO}_3$):

- Berechne die Formelmasse (in u) von folgenden Salzen!

Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3 – Bestandteil von Backpulver):

Kaliumcyanid/Zyankali (KCN):

- Berechne die Masse (in g) von Palmitinsäuremyricylester (Bestandteil von Bienenwachs – $\text{C}_{46}\text{H}_{92}\text{O}_2$):

2. Stoffmenge n(X) und Molare Masse M(X)

Um chemische Reaktionen quantitativ zu beschreiben, eignet sich die Masse, $m(X)$ nicht besonders gut. 1g Zink z.B. enthält viel weniger Teilchen als 1g Magnesium.

(Daher produziert 1g Zink auch weniger H_2 in Salzsäure als 1g Magnesium)

Besser geeignet ist die **Stoffmenge, n(X)**. Sie ist ein Maß für die Anzahl der Teilchen in einer Stoffportion. Die Einheit ist Mol (abgekürzt: „mol“).

Ein Mol entspricht $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen!

Beispiele:

„Ich kaufe heute **ein Dutzend** Eier“ bedeutet: „Ich kaufe heute **12** Eier“

„Ich kaufe heute **ein Mol** Eier“ bedeutet: „Ich kaufe heute **$6,022 \cdot 10^{23}$** Eier“

$Mg + 2 HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$ bedeutet dann z.B.:

Wenn ein Mol Mg zu einem Mol $MgCl_2$ und einem Mol H_2 reagieren soll, braucht man 2 Mol HCl,

oder:

Wenn $6,022 \cdot 10^{23}$ Magnesiumatome zu $MgCl_2$ und H_2 reagieren sollen, braucht man $12,044 \cdot 10^{23}$ HCl-Moleküle.

Da man Atome aber nicht zählen kann, führt man die **Molare Masse M(X)** ein. Sie gibt diejenige Masse an, die genau 1 Mol Teilchen enthält. Für Elemente kann aus dem PSE abgelesen werden (Massenzahl, oben links vor dem Element). In Verbindungen werden alle Molare Massen der beteiligten Atome addiert.

Es gilt folgender Zusammenhang:

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

1. Wie viel Magnesium muss man abwiegen, um genau 2 Mol Magnesium zu erhalten?

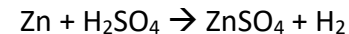
Gesucht:

Gleichung:

Gegebene Werte einsetzen:

Ergebnis:

2. Wie viel wiegen 5 Mol Zink?
3. Was ist die molare Masse von Schwefelsäure (H_2SO_4)?
4. In einem Vorratsbehälter befinden sich 500g Schwefelsäure. Wie viel Mol sind das?
5. Zink reagiert mit Schwefelsäure nach folgender Gleichung:



Wie viel Zink kann man in den 500g Schwefelsäure komplett auflösen?

3. Die tatsächliche Teilchenzahl N:

Man kann die tatsächliche Teilchenzahl N über folgende Formel berechnen:

$$N(X) = n(X) \cdot N_A(X)$$

wobei N_A die sog. Avogadro-Konstante ist. Der Wert entspricht der Teilchenzahl eines Mols ($6,022 \cdot 10^{23}$), die Einheit ist jedoch 1/mol.

Bsp.: In einem Vorratsbehälter für Säuren befindet sich 2,5 Mol Schwefelsäure. Wie viele Teilchen Schwefelsäure sind das tatsächlich?

- gesucht: $N(\text{H}_2\text{SO}_4)$
- gegeben: $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,5 \text{ mol}$, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ (bekannt)
- Berechnung:

$$N(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot N_A \Leftrightarrow$$

$$N(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2,5 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 1,5 \cdot 10^{24}$$

4. Das molare Volumen V_M :

Im Idealfall kann man davon ausgehen, dass **ein Mol** eines Gases bei Normalbedingungen (Druck $p_n = 1,01 \text{ bar}$ und $T_n = 0^\circ\text{C}$) immer das gleiche Volumen einnimmt. Dieses Volumen wird **molares Volumen V_M** genannt. Es beträgt $22,4 \text{ l/mol}$.

Es gilt folgender Zusammenhang: $V_m(X) = \frac{V(X)}{n(X)}$

Bsp.: Bei der Reaktion von Mg-Band mit Salzsäure entstehen $0,250 \text{ Liter H}_2$. Wie viel Mol sind das?

- gesucht: $n(\text{H}_2)$
- gegeben: $V(\text{H}_2) = 0,250 \text{ l}$, $V_M = 22,4 \text{ l/mol}$ (bekannt)
- Berechnung:

$$n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m(\text{H}_2)} \Leftrightarrow n(\text{H}_2) = \frac{0,250 \text{ l}}{22,4 \frac{\text{l}}{\text{mol}}} = 0,011 \text{ mol}$$

Betrachtet das Beispiel aus der Übung: Magnesium (Mg) wird mit Salzsäure (HCl) zur Reaktion gebracht. Dabei entsteht Wasserstoff (H_2).

Angenommen es werden $0,030 \text{ g}$ Mg-Band verwendet. Wie viel Wasserstoff sollte dabei entstehen?

Schritt-für-Schritt-Anleitung:

1. Bei der Umwandlung von Stoffen in der Chemie können Zusammenhänge nicht über die Massen, sondern nur über die Stoffmengen hergestellt werden. Berechnet welcher Stoffmenge ($n(\text{Mg})$) die $0,030 \text{ g}$ Mg-Band entsprechen!
2. Aus der chemischen Gleichung kann man ablesen, wie viele H_2 -Teilchen pro Mg entstehen. Stellt die Gleichung auf und findet diesen Zusammenhang heraus!
3. Ihr wisst jetzt, welche Stoffmenge an H_2 entstehen sollte. H_2 entsteht aber in Form von Gas, von dem in der Regel nur das Volumen bestimmen kann. Berechnet, welches Volumen aufgrund der berechneten Stoffmenge entstehen sollte!
4. Zusatzaufgabe: Wie viele H_2 -Teilchen befinden sich in dem berechneten Volumen?
5. Berechnet das Volumen an H_2 erneut auf die gleiche Art und Weise, nur diesmal mit dem Wert für die Masse des Magnesiums, den ihr tatsächlich bei eurem Versuchen verwendet habt!