

Ermitteln von molaren Massen: Für Atome findet man diese Werte im Periodensystem. Der Zahlenwert der molaren Masse (in g · mol⁻¹) ist gleich dem Zahlenwert der Teilchenmasse (in u). Ist die Zusammensetzung (Formel) eines Stoffs bekannt, kann aus den Atommassen im PSE die molare Masse des Stoffs berechnet werden.

Beispiele:

Wasser (Formel: H₂O)

$$M(H_2O) = 2 \cdot M(1H) + M(1O) \\ = 2 \cdot 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Butansäure (Formel: C₃H₇COOH)

$$M(C_3H_7COOH) = 4 \cdot M(1C) + 8 \cdot M(1H) + 2 \cdot M(1O) \\ = 4 \cdot 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 8 \cdot 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 2 \cdot 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ = 88 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Satz von Avogadro: Nach dem Satz von Avogadro enthalten gleiche Volumina verschiedener Gase bei gleicher Temperatur und gleichem Druck die gleiche Anzahl an Teilchen.

Beispiel: 24,1 Liter Wasserstoff und 24,1 Liter Sauerstoff enthalten bei Raumtemperatur (20 °C) und Normdruck 1 mol Wasserstoff-Moleküle bzw. 1 mol Sauerstoff-Moleküle.

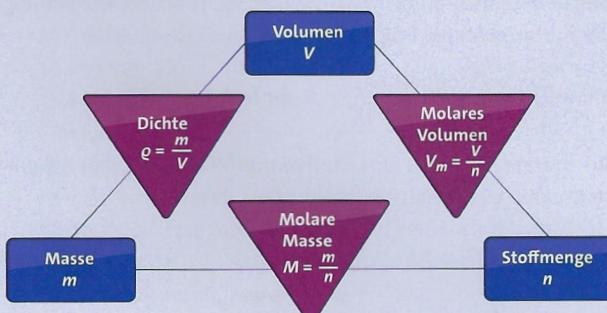
Molares Volumen: Das molare Volumen V_m ist der Quotient aus dem Volumen V und der Stoffmenge n einer Stoffportion. Die Einheit des molaren Volumens ist L · mol⁻¹. Das molare Volumen ist für alle Gase gleich und beträgt unter Normbedingungen: $V_m = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$V_m = \frac{V(\text{Stoffportion})}{n(\text{Stoffportion})}$$

Temperatur in °C	Druck in hPa	Molares Volumen in L · mol ⁻¹
0	1013	22,4
20	1013	24,1
25	1013	24,5

BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEN GRÖßen

Zwischen der Stoffmenge, der Masse und dem Volumen von Stoffportionen bestehen proportionale Zusammenhänge.



STÖCHIOMETRISCHE BERECHNUNGEN

Mithilfe der Beziehungen zwischen den Größen können stöchiometrische Berechnungen durchgeführt werden.

Berechnung einer gesuchten Masse aus einer gegebenen Masse:

Berechne die Masse an Aluminium zur Herstellung von 300 g Aluminiumoxid.



$$m(\text{Al}) = \frac{n(\text{Al})}{n(\text{Al}_2\text{O}_3)} \cdot \frac{M(\text{Al})}{M(\text{Al}_2\text{O}_3)} \cdot m(\text{Al}_2\text{O}_3)$$

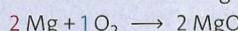
$$m(\text{Al}) = \frac{4}{2} \cdot \frac{27 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{102 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 300 \text{ g} = 158,8 \text{ g}$$

Allgemein gilt:

$$m_{\text{ges}} = \frac{n_{\text{ges}}}{n_{\text{geg}}} \cdot \frac{M_{\text{ges}}}{M_{\text{geg}}} \cdot m_{\text{geg}}$$

Berechnung einer gesuchten Masse aus einem gegebenen Gasvolumen: Berechne die Masse an Magnesium, die in 85 L

Sauerstoff vollständig verbrennt ($V_m = 22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$).



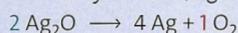
$$m(\text{Mg}) = \frac{n(\text{Mg})}{n(\text{O}_2)} \cdot \frac{M(\text{Mg})}{V_m} \cdot V(\text{O}_2)$$

$$m(\text{Mg}) = \frac{2}{1} \cdot \frac{24 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} \cdot 85 \text{ L} = 182,1 \text{ g}$$

Allgemein gilt:

$$m_{\text{ges}} = \frac{n_{\text{ges}}}{n_{\text{geg}}} \cdot \frac{M_{\text{ges}}}{V_m} \cdot V_{\text{geg}}$$

Berechnung eines gesuchten Gasvolumens aus einer gegebenen Masse: Berechne das entstehende Sauerstoffvolumen bei der Analyse von 0,5 g Silberoxid ($V_m = 22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$).



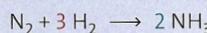
$$V(\text{O}_2) = \frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{Ag}_2\text{O})} \cdot \frac{V_m}{M(\text{Ag}_2\text{O})} \cdot m(\text{Ag}_2\text{O})$$

$$V(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}}{232 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 0,5 \text{ g} = 0,024 \text{ L} = 24 \text{ mL}$$

Allgemein gilt:

$$V_{\text{ges}} = \frac{n_{\text{ges}}}{n_{\text{geg}}} \cdot \frac{V_m}{M_{\text{geg}}} \cdot m_{\text{geg}}$$

Berechnung eines gesuchten Gasvolumens aus einem gegebenen Gasvolumen: Berechne das Volumen an Wasserstoff, um 40 m³ Ammoniak aus den Elementen herzustellen.



$$V(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{NH}_3)} \cdot V(\text{NH}_3)$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{3}{2} \cdot 40 \text{ m}^3 = 60 \text{ m}^3$$

Allgemein gilt:

$$V_{\text{ges}} = \frac{n_{\text{ges}}}{n_{\text{geg}}} \cdot V_{\text{geg}}$$

GEHALTSANGABEN BEI STOFFGEMISCHEN

Der Gehalt eines Stoffs in einem Stoffgemisch, z.B. in einer Lösung, kann durch verschiedene Gehaltsgrößen angegeben werden.

Massenanteil: Der Massenanteil w ist der Quotient aus der Masse der enthaltenen Stoffportion und der Masse des Stoffgemischs. Häufig erfolgt die Angabe des Massenanteils in der Einheit %.

$$w(\text{Stoff}) = \frac{m(\text{Stoffportion})}{m(\text{Gemisch})} \cdot 100\%$$

Für Lösungen gilt auch:

$$w(\text{Stoff}) = \frac{m(\text{Stoffportion})}{m(\text{Stoffportion}) + m(\text{Lösungsmittelportion})} \cdot 100\%$$

Beispiel: In einer Salzsäure mit $w = 3\%$ sind 3 g Chlorwasserstoff in 97 g Wasser gelöst.

Massenkonzentration: Die Massenkonzentration β ist der Quotient aus der Masse der enthaltenen Stoffportion und dem Volumen der Lösung (nicht des Lösungsmittels!). Die Einheit ist $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.

$$\beta(\text{Stoff}) = \frac{m(\text{Stoffportion})}{V(\text{Lösung})} \quad \text{Einheit: } \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Beispiel: In Cola mit $\beta(\text{Zucker}) = 110 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ sind in einem Liter Cola 110 g Zucker gelöst.

Stoffmengenkonzentration: Die Stoffmengenkonzentration c ist der Quotient aus der Stoffmenge des gelösten Stoffs und dem Volumen der Lösung. Die Einheit ist $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$$c(\text{Stoff}) = \frac{n(\text{Stoffportion})}{V(\text{Lösung})} \quad \text{Einheit: } \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Beispiel: In einer Salzsäure mit $c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ sind 0,5 mol Chlorwasserstoff in 1 L Lösung enthalten.

Kombinierte Berechnungen: Massenanteil w , Stoffmengenkonzentration c und Dichte ρ können ineinander umgewandelt werden.

$$\begin{aligned} c(\text{Stoff}) &= \frac{n}{V} = \frac{m(\text{Stoffportion})}{M(\text{Stoff})} \cdot \frac{\rho(\text{Lösung})}{m(\text{Lösung})} \\ &= \frac{m(\text{Stoffportion})}{m(\text{Lösung})} \cdot \frac{\rho(\text{Lösung})}{M(\text{Stoff})} = w \cdot \frac{\rho(\text{Lösung})}{M(\text{Stoff})} \end{aligned}$$

Beispiel: Gesucht ist die Stoffmengenkonzentration von Salzsäure ($w = 37\%$, $\rho = 1185 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, $M(\text{HCl}) = 36,46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

$$c(\text{HCl}) = w \cdot \frac{\rho(\text{Salzsäure})}{M(\text{HCl})} = 0,37 \cdot \frac{1185 \frac{\text{g}}{\text{L}}}{36,46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 12,0 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

NACHWEISREAKTIONEN

Wichtige Nachweise für Stoffe:

Nachweis	Stoff	Beobachtung
Glimm-spanprobe	Sauerstoff	Entflammen eines Glimm-spans
Knallgas-probe	Wasserstoff	pfeifendes, plötzliches Geräusch
		Reaktion: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
Wasser-nachweis	Wasser	Blaufärbung von Kupfersulfat oder Watesmopapier
Kalkwas-serprobe	Kohlenstoff-dioxid	weiße Trübung von Calciumhydroxidlösung
		Reaktion: $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Wichtige Ionennachweise:

Nachweis-reagenz	Ion	Beobachtung
Silber-nitrat-lösung	Chlorid-Ion Cl^-	weißer Niederschlag
		Reaktion: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl} \downarrow$
	Bromid-Ion Br^-	gelblicher Niederschlag
		Reaktion: $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \longrightarrow \text{AgBr} \downarrow$
	Iodid-Ion I^-	gelber Niederschlag
		Reaktion: $\text{Ag}^+ + \text{I}^- \longrightarrow \text{AgI} \downarrow$
Barium-chlorid-lösung	Sulfat-Ion SO_4^{2-}	weißer Niederschlag, beständig nach Zugabe von Salzsäure
		Reaktion: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \longrightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$
Kalk-wasser	Carbonat-Ion CO_3^{2-}	Das durch Austreiben mit Salzsäure entstehende Gas bildet in Kalkwasser eine weiße Trübung.
		Reaktionen: $\text{CO}_3^{2-} + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Cl}^-$ $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
Nachweis durch Flammen-färbung	Lithium-Ion Li^+ Natrium-Ion Na^+ Kalium-Ion K^+ Calcium-Ion Ca^{2+} Strontium-Ion Sr^{2+} Barium-Ion Ba^{2+}	dunkelrot gelb rotviolett orangerot rot grün