

Die Konzentration einer Lösung Übung 1

Dimensionen der Konzentration

Für eine wässrige Lösung kann der Gehalt des gelösten Stoffs als Massenanteil oder als Stoffmenge angegeben werden.

Massenkonzentration (Massenanteil)

Die Massenkonzentration ist eine Gehaltsgröße zur Beschreibung der Zusammensetzung einer Lösung. Sie hat dieselbe Dimension (Masse pro Volumen) wie die Dichte. Historisch hat sich die Angabe mit Gramm pro 100 ml verbreitet und durchgesetzt. Besteht die Lösung aus einem gelösten Stoff und einem Lösungsmittel, so wird unter Verwendung des Volumens von 100 ml auch die Angabe in Prozent benutzt. Werden 4 Gramm Kochsalz in 100 ml Wasser gelöst, dann kann die Konzentration der Kochsalzlösung auch mit 4 % angegeben werden.

Stoffmengenkonzentration (Stoffmengenanteil)

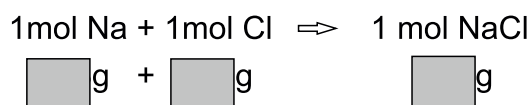
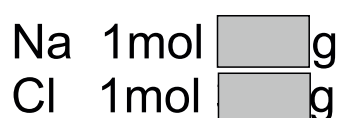
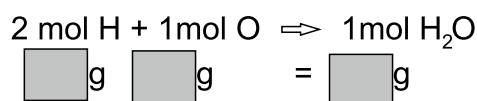
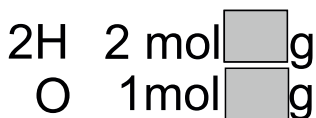
Die Einheit der Stoffmenge ist das Mol. Sie ist eine Basisgröße im internationalen System der Einheiten (SI) und gibt indirekt die Teilchenzahl eines Stoffes an. Die Stoffmengenkonzentration der wässrigen Lösung wird in Mol/Liter oder Mol/kg angegeben. Die Angabe pro Kilogramm hat den Vorteil, dass die Temperatur nicht berücksichtigt werden muss. Ein Liter Wasser hat bei verschiedenen Temperaturen verschiedene Dichten und somit Massen. Bei vier Grad Celsius ist die Dichte fast exakt 1000 Gramm je Liter und die Stoffmenge in Mol/Liter und Mol/kg ist gleich.

10

Molare Molekülmasse

Für die molare Molekülmasse werden die absoluten Atommassen der jeweiligen Elemente des Moleküls addiert. Im Periodensystem der Elemente stehen die relativen Atommassen ohne Dimension. Sie haben den selben Zahlenwert wie die absoluten Atommassen mit der Dimension Gramm. Die molare Molekülmasse (mM) errechnet sich aus dem Quotienten von Atommasse in Gramm und der Stoffmenge in Mol ($mM = m/n$) und hat die Dimension g/mol.

Berechnung der molaren Molekülmassen (mM) für Wasser und Kochsalz



Molekülmassen Übung 2

Berechnung der molaren Molekülmasse

Die Atommasse wird nur bis zur ersten Kommastelle berücksichtigt und ist bei Na, Al, Fe, Cl, Ca und S gerundet, was zu geringen Abweichungen der Ergebnisse führt.

NaOH	g/mol
Na	g/mol
O	g/mol
H	g/mol

Na ₂ SO ₄	g/mol
2Na	g/mol
4O	g/mol
S	g/mol

K ₂ CO ₃	g/mol
2K	g/mol
3O	g/mol
C	g/mol

Mg(OH) ₂	g/mol
Mg	g/mol
2O	g/mol
2H	g/mol

CaCl ₂	g/mol
Ca	g/mol
2Cl	g/mol

FeCl ₃	g/mol
Fe	g/mol
3Cl	g/mol

Al ₂ (SO ₄) ₃	g/mol
2Al	g/mol
12O	g/mol
3S	g/mol

CCl ₃ COOH	g/mol
2C	g/mol
2O	g/mol
H	g/mol
3Cl	g/mol

Al(NO ₃) ₃	g/mol
Al	g/mol
9O	g/mol
3N	g/mol

C ₂ H ₃ NaO ₂	g/mol
2C	g/mol
2O	g/mol
3H	g/mol
Na	g/mol

Mg(NO ₃) ₂	g/mol
Mg	g/mol
6O	g/mol
2H	g/mol
2N	g/mol

Mg(HCO ₃) ₂	g/mol
Mg	g/mol
6O	g/mol
2H	g/mol
2C	g/mol

Von der Stoffmengenkonzentration zur Massenkonzentration

Am Beispiel des Natriumhydroxids (NaOH) erfolgt die Umrechnung der Stoffmengenkonzentration in die Massenkonzentration. Die molare Masse beträgt 40 Gramm. Werden 40 Gramm Natriumhydroxid in einem Liter Wasser gelöst, dann hat die Lösung eine Stoffmengenkonzentration von 1 mol/Liter, also 40 Gramm/1000 ml.

Mit der Verhältnisgleichung für den Quotienten aus der molaren Masse und dem Volumen von 1000 ml (mM : 1000 ml) und dem Quotienten der Masse (x in Gramm) für 100ml (xg : 100 ml) wird die Massenkonzentration berechnet.

$$\frac{40\text{g}}{1000\text{ml}} = \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{100\text{ml}}{1000\text{ml}} \cdot 40\text{g} = x\text{g} \quad 4\text{g}=x$$

Eine NaOH-Lösung der Stoffmengenkonzentration mit 1 mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit 4g/100 ml.

Welche Massenkonzentration hat eine NaOH-Lösung mit der Stoffmengenkonzentration von 0,1 mol?

Ausgangspunkt ist die molare Masse von 40 Gramm.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol NaOH} &= 40\text{g}/1000\text{ml} \quad /:10 \\ \text{mol NaOH} &= \text{g}/1000\text{ml} \\ \frac{\text{g}}{1000\text{ml}} &= \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{\text{ml}}{1000\text{ml}} \cdot \text{g} = x\text{g} \quad \text{g}=x \end{aligned}$$

Eine NaOH-Lösung mit 0,1 mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit g/100ml!

Welche Massenkonzentration hat eine NaOH-Lösung mit der Stoffmengenkonzentration von 0,025 mol?

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol NaOH} &= 40\text{g}/1000\text{ml} \quad /:40 \\ \text{mol NaOH} &= \text{g}/1000\text{ml} \end{aligned}$$

$$\frac{\text{g}}{1000\text{ml}} = \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{\text{ml}}{1000\text{ml}} \cdot \text{g} = x\text{g} \quad \text{g}=x$$

Nebenrechnung

$$\frac{1 \text{ mol}}{x} = 0,025\text{mol} \\ x=40$$

Eine NaOH-Lösung mit 0,025 mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit g/100ml!

Am Beispiel des Kalziumhydroxids Ca(OH)_2 erfolgt die Umrechnung der Stoffmengenkonzentration in die Massenkonzentration. Die molare Masse beträgt 74 Gramm. Werden 74 Gramm in einem Liter Wasser gelöst, dann hat die Lösung eine Stoffmengenkonzentration von 1 mol/Liter, also 74 Gramm/1000 ml.

Mit der Verhältnisgleichung für den Quotienten aus der molaren Masse und dem Volumen von 1000 ml (mM : 1000ml) und dem Quotienten der Masse (x in Gramm) für 100ml (xg : 100ml) wird die Massenkonzentration berechnet.

$$\frac{74\text{g}}{1000\text{ml}} = \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{100\text{ml} \cdot 74\text{g}}{1000\text{ml}} = x\text{g} \quad 7,4=x$$

Eine Ca(OH)_2 -Lösung der Stoffmengenkonzentration mit 1 mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit 7,4g/100ml.

Welche Massenkonzentration hat eine Ca(OH)_2 -Lösung mit der Stoffmengenkonzentration von 0,001 mol?

Ausgangspunkt ist die molare Masse von 74 Gramm.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2 &= 74\text{g}/1000\text{ml} \quad /: \square \\ \square \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2 &= \square \text{ g}/1000\text{ml} \\ \frac{\square \text{ g}}{1000\text{ml}} &= \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{100\text{ml} \cdot \square \text{ g}}{1000\text{ml}} = x\text{g} \quad \square \text{ g}=x \end{aligned}$$

Nebenrechnung

$$\frac{1 \text{ mol}}{x} = 0,001 \text{ mol} \\ x=1000$$

Eine Ca(OH)_2 -Lösung mit 0,001 mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit $\square$ g/100ml!

Welche Massenkonzentration hat eine Ca(OH)_2 -Lösung mit der Stoffmengenkonzentration von 1,4 mol?

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2 &= 74\text{g}/1000\text{ml} \quad / \cdot 1,4 \\ \square \text{ mol } \text{Ca(OH)}_2 &= \square /1000\text{ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\square \text{ g}}{1000\text{ml}} &= \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{100\text{ml} \cdot \square \text{ g}}{1000\text{ml}} = x\text{g} \\ &= \square \text{ g} \end{aligned}$$

Nebenrechnung

$$\frac{1 \text{ mol}}{74\text{g}} = \frac{1,4\text{mol}}{x\text{g}} \\ 103,6\text{g}=x$$

Eine Ca(OH)_2 -Lösung mit 1,4 mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit $\square$ g/100ml!

Von der Massenkonzentration zur Stoffmengenkonzentration

Am Beispiel der Essigsäure CH_3COOH mit der molaren Masse von 60 g erfolgt die Umrechnung Massenkonzentration in die Stoffmengenkonzentration. Eine Essigsäurelösung von einem Mol je Liter besteht aus 60g/1000ml.

Mit der Verhältnisgleichung für den Quotienten aus der molaren Masse und dem Volumen von 1000 ml (mM : 1000ml) und dem Quotienten der Masse (x in Gramm) für 100 ml (xg : 100ml) wird die Massenkonzentration berechnet.

$$\frac{60\text{g}}{1000\text{ml}} = \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{100\text{ml} \cdot 60\text{g}}{1000\text{ml}} = x\text{g} \quad 6\text{g}=x$$

Eine Essigsäurelösung der Stoffmengenkonzentration mit 1mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit 6g/100ml.

Welche Massenkonzentration hat eine Essigsäurelösung mit der Stoffmengenkonzentration von 0,2 mol?

Ausgangspunkt ist die molare Masse von 60 Gramm.

$$1 \text{ mol } \text{CH}_3\text{COOH} = 60\text{g}/1000\text{ml} \quad /:5$$

$$\text{mol } \text{CH}_3\text{COOH} = \text{g}/1000\text{ml}$$

$$\frac{12\text{g}}{1000\text{ml}} = \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{100\text{ml} \cdot \text{g}}{1000\text{ml}} = x\text{g} \quad \text{g}=x$$

Nebenrechnung

$$\frac{1 \text{ mol}}{x} = 0,2\text{mol}$$

$$x=5$$

Eine Essigsäurelösung mit 0,2 mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit g/100ml!

Welche Massenkonzentration hat eine Essigsäurelösung mit der Stoffmengenkonzentration von 1,75 mol?

Ausgangspunkt ist die molare Masse von 60 Gramm.

$$1 \text{ mol } \text{CH}_3\text{COOH} = 60\text{g}/1000\text{ml} \quad / \cdot$$

$$\text{mol } \text{CH}_3\text{COOH} = \text{g}/1000\text{ml}$$

$$\frac{\text{g}}{1000\text{ml}} = \frac{x\text{g}}{100\text{ml}} \quad \frac{100\text{ml} \cdot \text{g}}{1000\text{ml}} = x\text{g} \quad \text{g}=x$$

Nebenrechnung

$$\frac{1 \text{ mol}}{60\text{g}} = \frac{1,75\text{mol}}{x\text{g}}$$

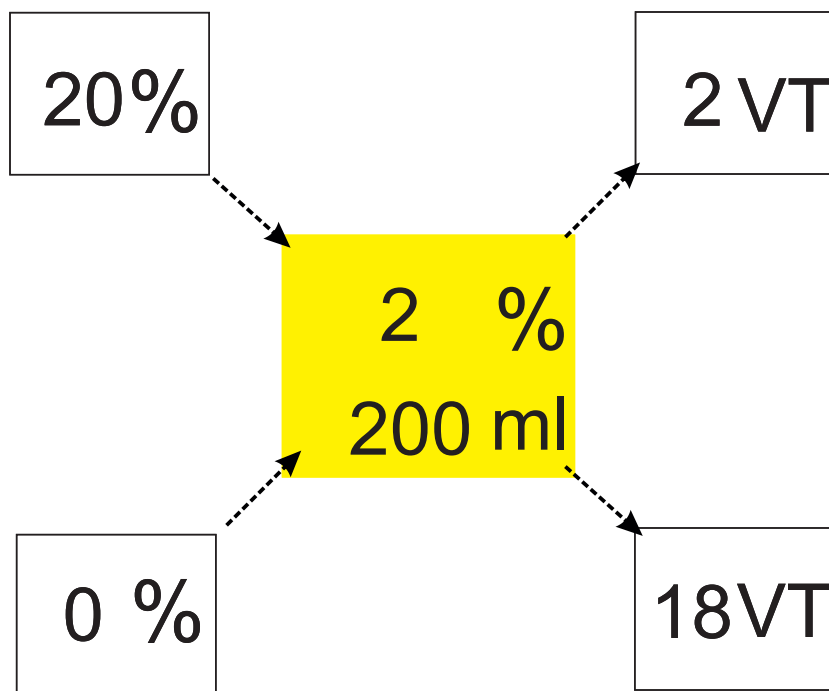
$$105\text{g}=x$$

Eine Essigsäurelösung mit 1,75 mol/Liter hat eine Massenkonzentration mit g/100ml!

Mischungsrechnen

Eine einfache rechnerische Methode zum Herstellen von Lösungen durch Mischen ist das Mischungskreuz.

Beim Mischungskreuz wird die Differenz zwischen gegebener Konzentration und der Neuen gewünschten Konzentration als absoluter Betrag ermittelt. Der absolute Betrag trägt kein positives oder negatives Vorzeichen. In diesem Beispiel ergibt $20\% - 2\% = 18$ Volumenteile. Das Verwenden der Einheiten ist nicht sinnvoll, weil $\% + \%$ etwas Neues (Volumenteile) ergeben. Deshalb sind die Einheiten zu vernachlässigen ($20 - 2 = 18$). Der absolute Betrag von null und zwei ist zwei ($0 - 2 = 2$). Beim Eintragen wird anstelle der absoluten Betragsstriche die Einheit Volumenteil (VT) verwendet. Ein anders Beispiel soll den Sinn des absoluten Betrags verdeutlichen. Bei einer Außentemperatur von 8 Grad Celsius und einer Innentemperatur von 18 Grad Celsius ist die Differenz schnell gefunden. Die Aussage, es ist drinnen minus zehn Grad kälter als draußen, ist falsch, weil minus zehn Grad eine eigenständige Temperaturangabe ist. Noch klarer wird es, wenn wir folgende falsche Aussage lesen: Draußen sind es elf Grad puls und drinnen 16 Grad plus. Lassen wir die elf Grad herein damit wir gemütliche 27 Grad haben. In diesem Sinn ist schnell klar, das durch Mischen aus einer 20-prozentigen Säure keine 25-prozentige werden kann.



10

Bei diesem Beispiel wird in das Mischungskreuz die stärkste Konzentration oben links eingetragen, die des Verdünnungsmittels unten links und in der Mitte die neue gesuchte Konzentration sowie das gewünschte Volumen.

Eine 2% NaOH-Lösung und eine NaOH-Lösung mit 2 mol/Liter sind so zu mischen, dass 600ml einer 4% NaOH-Lösung entstehen (molare Masse 40g)!

$$2\text{mol/Liter} = \square \cdot \square \text{ g/1000ml}$$

$$= \square \text{ g/1000ml}$$

$$\frac{\square \text{ g}}{1000\text{ml}} = \frac{x\text{g}}{100\text{ml}}$$

$$x = \square \text{ g}$$

Eine NaOH-Lösung mit 2mol/Liter hat eine Massenkonzentration von $\square \text{ g/100ml}$.

$\square \%$

$\square \text{ VT}$

Eintragen der Konzentrationen in das Mischungskreuz!

4 %
600 ml

$$2+4 = \square \text{ VT}$$

2 %

$\square \text{ VT}$

$$\frac{600\text{ml}}{\square \text{ VT}} = \frac{x \text{ ml}}{\square \text{ VT}} \quad \text{oder} \quad \frac{600\text{ml}}{\square \text{ VT}} = \frac{x \text{ ml}}{4 \text{ VT}}$$

$$\frac{600\text{ml} \square \text{ VT}}{\square \text{ VT}} = 200\text{ml} \quad \frac{600\text{ml} \square \text{ VT}}{\square \text{ VT}} = 400\text{ml}$$

Für 600ml einer 4% Lösung sind 200 ml der $\square \%$ Lösung und 400 ml der $\square \%$ Lösung zu mischen.