

KONZENTRATIONSBERECHNUNGEN

2005

Grundgrößen:

Größe	Symbol	Maßeinheit	Erläuterungen, Beziehungen
Masse	m	g	
Stoffmenge Moleküle	n	mol	1 mol = $6,023 \times 10^{23}$ Teilchen abgeleitet: mmol [10^{-3}], μ mol [10^{-6}], nmol [10^{-9}], pmol [10^{-12}]
Relative Atommasse → Atommasse (-gewicht)	A_r → A_m	ohne (auch Dalton – D) → g/mol	A_r = absolute Atommasse / $1/12$ der Masse von ^{12}C (= $1,66 \times 10^{-24}$ g) A_m = relative Atommasse in Gramm
Relative Molare Masse → Molmasse (auch Molekülmasse oder Molekulargewicht)	M_r → M_m (auch Mm, MM, MG, M)	ohne (auch D) → g/mol	M_r (auch relative Molmasse oder relative Molekülmasse) = Summe aller relativen Atommassen A_r ; M_m = relative Molmasse in Gramm $n = m / M_m$
Wertigkeit, Äquivalentzahl	z (auch z^*)	ohne	Zahl der Äquivalente pro Molekül (bei Säuren bzw. Basen: Zahl der freisetzbaren Protonen bzw. belegbaren Protonenbindungsstellen; bei Reduktions- und Oxidationsmitteln: Zahl der bei der Reaktion abgegebenen bzw. aufgenommenen Elektronen)
Stoffmenge Äquivalente	$n_{\text{Ä}}$	mol (veraltet, aber sinnvoller: val)	$n_{\text{Ä}} = z \times n$
Äquivalentmasse	$M_{\text{Ä}}$	g/mol (veraltet, aber sinnvoller: g/val)	$M_{\text{Ä}} = M_m / z$
Volumen	v	l	1 l = 10 dl = 100 cl = 1000 ml = 10^6 μ l

Konzentrationsmaße:

Größe	Symbol	Maßeinheit	Erläuterungen, Beziehungen
Massen- oder Gewichts-Konzentration	c_m (auch β)	g/l	Masse eines Stoffes in Gramm pro Liter Lösung $c_m = m / v$: abgeleitet: mg/l (‰), mg/100 ml (%), mg/dl, mg/ml, µg/l (ppm), ng/l (ppb),
Stoffmengen-Konzentration an Molekülen „Molarität“	c (auch [...])	mol/l M	Stoffmenge Moleküle eines Stoffes in Mol pro Liter Lösung $c = n / v$ „Molare Lösungen“: 1 M = 1 mol/l; abgeleitet: mM, µM, nM
Stoffmengen-Konzentration an Äquivalenten „Normalität“	$c_{\bar{A}}$ (auch $c !$)	mol/l (veraltet, aber sinnvoller: val/l) N	Stoffmenge Äquivalente in Mol (= Val) pro Liter Lösung $c_{\bar{A}} = n_{\bar{A}} / v = z \times n / v = z \times c$ „Normale Lösungen“: 1 N = 1 val/l = 1 mol Äquivalente/l
„Molalität“	m^* (auch m oder b)	mol/kg	Stoffmenge Moleküle eines Stoffes in Mol pro <u>kg Lösungsmittel</u> !! $m^* = n / m_{LM}$; „Molare Lösungen“: 1 m^* = 1 mol / kg [LM]
Molenbruch	x_i	ohne	Molanteil des Stoffes i an der Gesamtmolzahl: $x_i = n_i / (n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_n) = n_i / n_{Ges}$
Mol-Prozent	Mol-%	ohne	Mol-% = $x_i \times 100$
Massen- oder Gewichts-Prozent	Massen- % [auch % (w/w) oder nur %]	ohne	Gewichtsanteil des Stoffes i am Gesamtgewicht: Massen- % = $(m_i / m_{Ges}) \times 100$ (= g Stoff i in 100 ml Lösung bei verdünnten wässrigen Lösungen, da die Dichte von Wasser 1 g/cm ³ beträgt)
Volumen-Prozent	Vol.-% [auch % (v/v) oder ϕ]	ohne	Volumenanteil des Stoffes i am Gesamtvolumen: Vol-% = $(v_i / v_{Ges}) \times 100$

Umrechnung der verschiedenen Konzentrationsmaße ineinander:

- 1a) Massen-Konzentration in Stoffmengen-Konzentration: $c = c_m / M_m$
- 1b) Stoffmengen-Konzentration in Massen-Konzentration: $c_m = M_m \times c$
- 2a) Molarität in Normalität: $N = z \times M$
- 2b) Normalität in Molarität: $M = N / z$

Beispiel-Rechnungen:

Glucose: $C_6H_{12}O_6$ $M_m = 180$ [g/mol = mg/mmol] Normalwerte im Blutserum: 3,3 – 5,5 mM

1 mol/l (= 1 M) \times 180 g/mol = 180 g/l; 1 mM = 180 mg/l;

a) gegeben: $c_m = 175$ mg/dl; gesucht: c ; $175 \text{ mg/dl} = 1750 \text{ mg/l}$; $1750 \text{ mg/l} / 180 \text{ mg/mmol} = 9,72 \text{ mmol/l}$

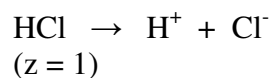
b) gegeben: $c = 5,5$ mmol/l; gesucht: c_m ; $5,5 \text{ mmol/l} \times 180 \text{ mg/mmol} = 990 \text{ mg/l} = 99 \text{ mg/100 ml} = 0,99 \text{ g/l}$

H_2SO_4 : $H_2SO_4 \rightarrow 2 H^+ + SO_4^{2-}$ $z = 2$

$M_m = 98$ [g/mol] $M_A = 49$ [g/val]

1 M = 1 mol/l = 98 g/l; 1 N = 1 val/l = 49 g/l (= 0,5 mol/l)

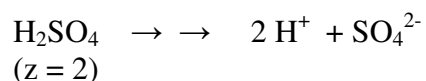
Säuren/Basen:



1 mol HCl beinhaltet 1 mol H^+ (Äquivalente) (= 1 val).
1 M HCl = 1 N HCl

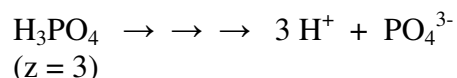
analog u.a.

HNO_3 , HBr, HI, HClO_4 , CH_3COOH ;
 NaHSO_4 , K_2HPO_4 , NaHCO_3 , NH_4Cl



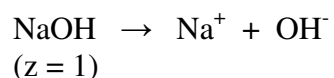
1 mol H_2SO_4 beinhaltet 2 mol H^+ (Äquivalente) (= 2 val).
1 M H_2SO_4 = 2 N H_2SO_4 ; 1 N H_2SO_4 = 0,5 M H_2SO_4

H_2SO_3 , $(\text{COOH})_2$;
 H_2S , KH_2PO_4



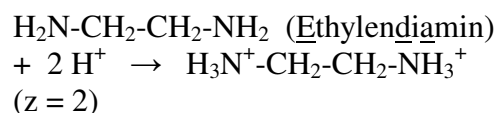
1 mol H_3PO_4 beinhaltet 3 mol H^+ (Äquivalente) (= 3 val).
1 M H_3PO_4 = 3 N H_3PO_4 ; 1 N H_3PO_4 = 0,33 M H_3PO_4

Citronensäure



1 mol NaOH beinhaltet 1 mol OH^- (Äquivalente) (= 1 val).
1 M NaOH = 1 N NaOH

KOH; potentiell: NH_3 , Trishydroxy-
methylaminomethan („Tris“)



1 mol EDA besitzt 2 mol H^+ -Bindungsstellen (Äquiv.) (= 2 val).
1 M EDA = 2 N EDA; 1 N EDA = 0,5 M EDA

$\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$

Oxidationsmittel/Reduktionsmittel:

Oxidationsmittel (OM)

$M_m (\text{KMnO}_4) = 158 \text{ [g/mol]}$

pH < 7 ! $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ (z = 5)

1 M MnO_4^- -Lsg. = 5 N;

1 N MnO_4^- -Lsg. = 0,2 M;

1 N KMnO_4^- -Lsg. = 31,6 g/l !

pH > 7 ! $\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2$ (z = 3)

1 M MnO_4^- -Lsg. = 3 N;

1 N MnO_4^- -Lsg. = 0,33 M;

1 N KMnO_4^- -Lsg. = 52,7 g/l !

Reduktionsmittel (RM)

z – pH-unabhängig

$M_m (\text{Oxalsäure}) = 90 \text{ [g/mol]}$

Oxalsäure $(\text{COOH})_2/\text{CO}_2$ (z = 2)

1 M Oxalsäure-Lsg. = 2 N; 1 N Oxalsäure-Lsg. = 0,5 M;

1 N Oxalsäure-Lsg. = 45 g/l

Titrationberechnungen

Bei der Titration (Maßanalyse) reagieren immer äquivalente Mengen (Säure und Base bzw. Oxidations- und Reduktionsmittel) miteinander.

$$n_{\text{Ä}} (\text{Säure}) = n_{\text{Ä}} (\text{Base})$$

$$n_{\text{Ä}} (\text{OM}) = n_{\text{Ä}} (\text{RM})$$

da $n_{\text{Ä}} = c_{\text{Ä}} \times v = z \times c \times v$, folgt:

$$\begin{aligned} c_{\text{Ä}} (\text{Säure}) \times v (\text{Säure}) &= c_{\text{Ä}} (\text{Base}) \times v (\text{Base}) \\ z (\text{Säure}) \times c (\text{Säure}) \times v (\text{Säure}) &= z (\text{Base}) \times c (\text{Base}) \times v (\text{Base}) \quad // \quad \begin{aligned} c_{\text{Ä}} (\text{OM}) \times v (\text{OM}) &= c_{\text{Ä}} (\text{RM}) \times v (\text{RM}) \\ z (\text{OM}) \times c (\text{OM}) \times v (\text{OM}) &= z (\text{RM}) \times c (\text{RM}) \times v (\text{RM}) \end{aligned} \end{aligned}$$

Es empfiehlt sich daher immer, „Normale Lösungen“ miteinander zu vergleichen.

Säure/Basen-Titration:

$$\begin{aligned} 1 \text{ ml } 1 \text{ M HCl} &= 1 \text{ ml } 0,5 \text{ M H}_2\text{SO}_4 = 0,5 \text{ ml } 1 \text{ M H}_2\text{SO}_4 = 0,33 \text{ ml } 1 \text{ M H}_3\text{PO}_4 = 0,66 \text{ ml } 0,5 \text{ M H}_3\text{PO}_4 \\ &= 1 \text{ ml } 1 \text{ M NaOH} = 0,5 \text{ ml } 2 \text{ M NaOH} = 0,5 \text{ ml } 1 \text{ M EDA} \end{aligned}$$

günstiger:

$$1 \text{ ml } 1 \text{ N HCl} = 1 \text{ ml } 1 \text{ N H}_2\text{SO}_4 = 1 \text{ ml } 1 \text{ N H}_3\text{PO}_4 = 1 \text{ ml } 1 \text{ N NaOH} = 1 \text{ ml } 1 \text{ N EDA} \quad (\text{EDA} = \text{Ethylendiamin})$$

Redox Titration:

pH < 7	$\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ (z = 5)	$1 \text{ ml } 0,2 \text{ M MnO}_4^- \text{-Lsg.} = 1 \text{ ml } 0,5 \text{ M Oxalsäure};$ $0,2 \text{ ml } 1 \text{ M MnO}_4^- \text{-Lsg.} = 0,5 \text{ ml } 1 \text{ M Oxalsäure}$	$1 \text{ ml } 1 \text{ N MnO}_4^- \text{-Lsg.} = 1 \text{ ml } 1 \text{ N Oxalsäure}$ (enthält 31,6 g KMnO_4)
pH > 7	$\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2$ (z = 3)	$1 \text{ ml } 0,33 \text{ M MnO}_4^- \text{-Lsg.} = 1 \text{ ml } 0,5 \text{ M Oxalsäure};$ $0,33 \text{ ml } 1 \text{ M MnO}_4^- \text{-Lsg.} = 0,5 \text{ ml } 1 \text{ M Oxalsäure}$	$1 \text{ ml } 1 \text{ N MnO}_4^- \text{-Lsg.} = 1 \text{ ml } 1 \text{ N Oxalsäure}$ (enthält 52,7 g KMnO_4)