

Chemie

Dokument mit Formeln und relevanten Werten¹

Als Hilfsmittel für die Bearbeitung der Aufgaben des Pools für das Fach Chemie ist – neben dem jeweiligen digitalen Hilfsmittel – ein Dokument vorgesehen, das nur die im Folgenden angegebenen Inhalte hat².

1 Allgemeine Formeln

Avogadro-Konstante

$$N_A = \frac{N}{n}$$

N_A : Avogadro-Konstante;
 N : Anzahl der Teilchen; n : Stoffmenge

Molare Masse

$$M = \frac{m}{n}$$

M : molare Masse; m : Masse;
 n : Stoffmenge

Molares Volumen

$$V_m = \frac{V}{n}$$

V_m : molares Volumen; V : Volumen;
 n : Stoffmenge

Allgemeine Gasgleichung

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

p : Druck; V : Volumen; n : Stoffmenge;
 R : ideale Gaskonstante; T : Temperatur

Stoffmengenkonzentration

$$c(A) = \frac{n(A)}{V(\text{Lsg})}$$

$c(A)$: Stoffmengenkonzentration der Teilchen A;
 $n(A)$: Stoffmenge der Teilchen A;
 $V(\text{Lsg})$: Volumen der Lösung

¹ Beim vorliegenden Dokument (Aktenzeichen: KM35-6512-70/2) handelt es sich um einen vom Kultusministerium Baden-Württemberg für die gymnasiale Oberstufe im allgemein bildenden Bereich erstellten, inhaltlich unveränderten Auszug aus der im Rahmen der Entwicklung der gemeinsamen Abituraufgabenpools der Länder erarbeiteten mathematisch-naturwissenschaftlichen Formelsammlung (Stand: 04.07.2023). Das Dokument enthält aus dieser Formelsammlung nur die Teile zum Fach Chemie.

² Die Möglichkeit der Verwendung anderer Formeldokumente im Unterricht wird durch dieses Dokument nicht berührt.

Massenkonzentration

$$\beta(A) = \frac{m(A)}{V(\text{Lsg})}$$

$\beta(A)$: Massenkonzentration des Bestandteils A;
 $m(A)$: Masse des Bestandteils A;
 $V(\text{Lsg})$: Volumen der Lösung

Massenanteil

$$\omega(A) = \frac{m(A)}{m(\text{Gem})}$$

$\omega(A)$: Massenanteil des Bestandteils A;
 $m(A)$: Masse des Bestandteils A;
 $m(\text{Gem})$: Masse des Gemisches

Volumenanteil

$$\varphi(A) = \frac{V(A)}{V(A) + V(B)}$$

$\varphi(A)$: Volumenanteil des Bestandteils A;
 $V(A)$: Volumen des Bestandteils A;
 $V(B)$: Volumen des Bestandteils B

2 Gleichgewichtsreaktionen

Massenwirkungsgesetz

Für eine allgemeine Reaktion $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ gilt:

$$K_c = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D)}{c^a(A) \cdot c^b(B)}$$

K_c : Gleichgewichtskonstante;
 c : Stoffmengenkonzentration;
 a, b, c, d : stöchiometrische Koeffizienten

Löslichkeitsprodukt

Für $A_m B_n \rightleftharpoons m A^{n+} + n B^{m-}$ gilt:

$$K_L = c^m(A^{n+}) \cdot c^n(B^{m-})$$

$$pK_L = -\lg\{K_L\}$$

K_L : Löslichkeitsprodukt;
 $c(A^{n+})$: Stoffmengenkonzentration des Kations;
 n : Anzahl der positiven Ladungen, stöchiometrischer Koeffizient;
 $c(B^{m-})$: Stoffmengenkonzentration des Anions;
 m : Anzahl der negativen Ladungen, stöchiometrischer Koeffizient;
 $\{K_L\}$: Zahlenwert von K_L

3 Protonenübergänge

Ionenprodukt des Wassers

$$K_W = c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-)$$

$$\text{p}K_W = -\lg\{K_W\}$$

$$\text{p}K_W = \text{pH} + \text{pOH}$$

K_W : Ionenprodukt des Wassers;

$\{K_W\}$: Zahlenwert von K_W ;

c : Stoffmengenkonzentration

pH-Wert und pOH-Wert

$$\text{pH} = -\lg\{c(\text{H}_3\text{O}^+)\}$$

$$\text{pOH} = -\lg\{c(\text{OH}^-)\}$$

c : Stoffmengenkonzentration;

$\{c(\text{H}_3\text{O}^+)\}$: Zahlenwert von $c(\text{H}_3\text{O}^+)$;

$\{c(\text{OH}^-)\}$: Zahlenwert von $c(\text{OH}^-)$

Säurekonstante und Säureexponent

Für $\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ gilt:

$$K_S = \frac{c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$$

K_S : Säurekonstante;

c : Stoffmengenkonzentration

$$\text{p}K_S = -\lg\{K_S\}$$

$\text{p}K_S$: Säureexponent;

$\{K_S\}$: Zahlenwert von K_S

Basenkonstante und Basenexponent

Für $\text{H}_2\text{O} + \text{B} \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{HB}^+$ gilt:

$$K_B = \frac{c(\text{OH}^-) \cdot c(\text{HB}^+)}{c(\text{B})}$$

K_B : Basenkonstante;

c : Stoffmengenkonzentration

$$\text{p}K_B = -\lg\{K_B\}$$

$\text{p}K_B$: Basenexponent;

$\{K_B\}$: Zahlenwert von K_B

Oxonium-Ionen-Konzentration und pH-Wert

◆ Oxonium-Ionen-Konzentration in sauren Lösungen

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) \approx -\frac{K_S}{2} + \sqrt{\left(\frac{K_S}{2}\right)^2 + K_S \cdot c_0(\text{HA})}$$

c : Stoffmengenkonzentration;

K_S : Säurekonstante;

c_0 : Anfangskonzentration

◆ pH-Wert bei vollständiger Protolyse

$$\text{pH} \approx -\lg\{c_0(\text{HA})\}$$

c_0 : Anfangskonzentration;
 $\{c_0(\text{HA})\}$: Zahlenwert von $c_0(\text{HA})$

◆ pH-Wert bei unvollständiger Protolyse

$$\text{pH} \approx \frac{1}{2} \cdot (\text{p}K_S - \lg\{c_0(\text{HA})\})$$

$\text{p}K_S$: Säureexponent;
 $\{c_0(\text{HA})\}$: Zahlenwert von $c_0(\text{HA})$

◆ pH-Wert von Pufferlösungen (Henderson-Hasselbalch-Gleichung)

$$\text{pH} = \text{p}K_S + \lg \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}$$

$\text{p}K_S$: Säureexponent;
 c : Stoffmengenkonzentration

4 Elektronenübergänge

Berechnung der Zellspannung

$$\Delta E = E(\text{K}) - E(\text{A})$$

ΔE : Zellspannung;
 $E(\text{K})$: Potenzial der Kathoden-Halbzelle;
 $E(\text{A})$: Potenzial der Anoden-Halbzelle

Nernst-Gleichung

Für ein konjugiertes Redoxpaar $\text{Red} \rightleftharpoons \text{Ox} + z\text{e}^-$ gilt bei $T = 298,15\text{K}$:

$$E = E^\circ + \frac{0,059\text{V}}{z} \cdot \lg \frac{\{c(\text{Ox})\}}{\{c(\text{Red})\}}$$

Red : reduzierte Form; Ox : oxidierte Form;
 E : Potenzial des Redoxpaares;
 E° : Standardpotenzial des Redoxpaares;
 z : Anzahl der übertragenen Elektronen;
 $c(\text{Ox})$: Konzentration der oxidierten Form;
 $\{c(\text{Ox})\}$: Zahlenwert von $c(\text{Ox})$;
 $c(\text{Red})$: Konzentration der reduzierten Form;
 $\{c(\text{Red})\}$: Zahlenwert von $c(\text{Red})$

Faraday-Gleichung

$$n = \frac{I \cdot t}{z \cdot F}$$

n : Stoffmenge; I : elektrische Stromstärke;
 t : Zeit;
 z : Anzahl der übertragenen Elektronen;
 F : Faraday-Konstante

Elektrolyse

$$U_Z = E(A) + \eta(A) - (E(K) + \eta(K))$$

U_Z : Zersetzungsspannung;
 $E(A)$: Potenzial der Anoden-Halbzelle;
 $E(K)$: Potenzial der Kathoden-Halbzelle;
 $\eta(A)$: Überspannung der Anoden-Halbzelle;
 $\eta(K)$: Überspannung der Kathoden-Halbzelle

5 Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen

Mittlere Reaktionsgeschwindigkeit

Für eine allgemeine Reaktion $A \rightarrow B$ gilt:

$$\bar{v} = -\frac{\Delta c(A)}{\Delta t} = +\frac{\Delta c(B)}{\Delta t}$$

\bar{v} : mittlere Reaktionsgeschwindigkeit;
 $\Delta c(A)$: Änderung der Stoffmengenkonzentration des Eduktes A;
 $\Delta c(B)$: Änderung der Stoffmengenkonzentration des Produktes B;
 Δt : Zeitintervall

Erster Hauptsatz der Thermodynamik

Für geschlossene Systeme gilt:

$$\Delta U = Q + W$$

Bei konstantem Druck gilt:

$$\Delta H = Q_p$$

ΔU : Änderung der inneren Energie eines geschlossenen Systems;
 Q : Wärme; W : Volumenarbeit;
 ΔH : Änderung der Enthalpie

Volumenarbeit

$$W = -p \cdot \Delta V$$

W : Volumenarbeit; p : Druck;
 ΔV : Änderung des Volumens

Kalorimetrie

Im geschlossenen System gilt bei konstantem Druck unter Vernachlässigung der Temperaturänderung des Kalorimeters:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Q : Wärme;
 c : spezifische Wärmekapazität der Kalorimeterflüssigkeit;
 m : Masse der Kalorimeterflüssigkeit;
 ΔT : Änderung der Temperatur der Kalorimeterflüssigkeit

Enthalpie bezogen auf 1 mol der Teilchen X:

$$\Delta_r H = -\frac{Q}{n(X)}$$

$\Delta_r H$: Reaktionsenthalpie;
 Q: Wärme;
 $n(X)$: umgesetzte Stoffmenge der Teilchen X

Änderung der Enthalpie

Für eine allgemeine Reaktion $aA + bB \rightarrow cC + dD$ bei $T = 298,15\text{K}$ und $p = 101,325\text{kPa}$ gilt:

$$\Delta H = \left[n_c \cdot \Delta_f H^\circ (C) + n_d \cdot \Delta_f H^\circ (D) \right] - \left[n_a \cdot \Delta_f H^\circ (A) + n_b \cdot \Delta_f H^\circ (B) \right]$$

ΔH : Änderung der Enthalpie;
 $\Delta_f H^\circ$: Standardbildungsenthalpie;
 n_a, n_b, n_c, n_d : Stoffmengen im stöchiometrischen Verhältnis

Änderung der Entropie

Für eine allgemeine Reaktion $aA + bB \rightarrow cC + dD$ bei $T = 298,15\text{K}$ und $p = 101,325\text{kPa}$ gilt:

$$\Delta S = \left[n_c \cdot S^\circ (C) + n_d \cdot S^\circ (D) \right] - \left[n_a \cdot S^\circ (A) + n_b \cdot S^\circ (B) \right]$$

ΔS : Änderung der Entropie;
 S° : Standardentropie;
 n_a, n_b, n_c, n_d : Stoffmengen im stöchiometrischen Verhältnis

Gibbs-Helmholtz-Gleichung

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

ΔG : Änderung der freien Enthalpie;
 ΔH : Änderung der Enthalpie;
 T: Temperatur;
 ΔS : Änderung der Entropie

6 Qualitative Analyse – Chromatografie

$$R_f = \frac{S}{F}$$

R_f : Retentionsfaktor;
 S: Abstand Startlinie-Substanzfleck;
 F: Abstand Startlinie-Laufmittelfront

7 Quantitative und instrumentelle Analyse

Lambert-Beer'sches-Gesetz

$$E_\lambda = \epsilon_\lambda \cdot c \cdot d$$

E_λ : Extinktion bei der Wellenlänge λ ;
 ϵ_λ : molarer Extinktionskoeffizient bei der Wellenlänge λ ;

c : Stoffmengenkonzentration;
 d : Schichtdicke der Messküvette

Optische Aktivität

$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^{\vartheta} \cdot \beta \cdot \ell$$

α : Drehwinkel;
 $[\alpha]_{\lambda}^{\vartheta}$: spezifischer Drehwinkel bei der Temperatur ϑ und der Wellenlänge λ ;
 β : Massenkonzentration;
 ℓ : Probenrohrlänge

8 Anhang

8.1 Größen, Einheiten und ihre Beziehungen untereinander

Größe	Formelzeichen	Name der Einheit	Einheitenzeichen	Beziehungen zwischen den Einheiten
Arbeit	W	Joule	J	$1\text{ J} = 1\text{ Nm} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
Dichte	ρ		$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Druck	p	Pascal Bar	Pa bar	$1\text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$ $1\text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
elektrische Ionenäquivalentleitfähigkeit	Λ_{eq}		$\frac{\text{S} \cdot \text{cm}^2}{\text{mol}}$	
elektrische Ladung	Q	Coulomb	C	$1\text{ C} = 1\text{ As}$
elektrische Leitfähigkeit	κ		$\frac{\text{S}}{\text{m}}$	$1 \frac{\text{S}}{\text{m}} = \frac{1}{\Omega \cdot \text{m}}$
elektrischer Leitwert	G	Siemens	S	$1\text{ S} = \frac{1}{\Omega} = 1 \frac{\text{A}}{\text{V}}$
elektrische Spannung	U	Volt	V	$1\text{ V} = 1 \frac{\text{W}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}}$
elektrische Stromstärke	I	Ampere	A	
elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω	$1\Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}^2}$
elektrisches Potenzial	φ	Volt	V	$1\text{ V} = 1 \frac{\text{W}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}}$
elektrochemisches Potenzial	E	Volt	V	$1\text{ V} = 1 \frac{\text{W}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}}$
Energie	E	Joule Elektronenvolt Kilokalorie Kilowattstunde	J eV kcal kWh	$1\text{ J} = 1\text{ Nm} = 1\text{ Ws} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $1\text{ eV} = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ $1\text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$ $1\text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$

Enthalpie	H	Joule	J	$1\text{ J} = 1\text{ Nm} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
freie Enthalpie	G	Joule	J	$1\text{ J} = 1\text{ Nm} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
Entropie	S		$\frac{\text{J}}{\text{K}}$	
innere Energie	U	Joule	J	$1\text{ J} = 1\text{ Nm} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
Länge	l	Meter	m	
Masse	m	Kilogramm atomare Masseinheit	kg u	$1\text{ u} = 1,66053906660 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
spezifische Wärmekapazität	c		$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	
Stoffmenge	n	Mol	mol	
Temperatur	T ϑ	Kelvin Grad Celsius	K °C	$0\text{ °C} \triangleq 273,15 \text{ K}$
Volumen	V	Kubikmeter Liter	m^3 ℓ, L	$1\text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$
Wärme	Q	Joule	J	$1\text{ J} = 1\text{ Nm} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
Zeit	t	Sekunde	s	

8.2 Vorsätze bei Einheiten

Vorsatz	Zeichen	Faktor, mit dem die Einheit multipliziert wird	Vorsatz	Zeichen	Faktor, mit dem die Einheit multipliziert wird
Exa	E	10^{18}	Dezi	d	10^{-1}
Peta	P	10^{15}	Zenti	c	10^{-2}
Tera	T	10^{12}	Milli	m	10^{-3}
Giga	G	10^9	Mikro	μ	10^{-6}
Mega	M	10^6	Nano	n	10^{-9}
Kilo	k	10^3	Piko	p	10^{-12}
Hekto	h	10^2	Femto	f	10^{-15}
Deka	da	10^1	Atto	a	10^{-18}

8.3 Tabellierte Werte

Naturkonstanten und Näherungswerte wichtiger Größen

- ◆ Avogadro-Konstante: $N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ (definiert)
- ◆ Elementarladung: $e = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (definiert)
- ◆ Faraday-Konstante: $F = 96485,33212 \dots \frac{\text{C}}{\text{mol}}$ (definiert)
- ◆ ideale Gaskonstante: $R = 8,314462618 \dots \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ (definiert)
- ◆ Masse des Elektrons: $m_e = 9,1093837015 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- ◆ Planck'sches Wirkungsquantum: $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (definiert)
- ◆ Vakuumlichtgeschwindigkeit $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (definiert)

Festgelegte Bedingungen

- ◆ molares Volumen idealer Gase bei $p = 101,325 \text{ kPa}$
 - ◆ $V_m = 22,414 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$ bei $T = 273,15 \text{ K}$
 - ◆ $V_m = 24,466 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$ bei $T = 298,15 \text{ K}$
- ◆ Wasser
 - ◆ Ionenprodukt: $K_W = 1,0 \cdot 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}$ bei $T = 298,15 \text{ K}$
 - ◆ spezifische Wärmekapazität: $c_W = 4,183 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ bei $T = 298,15 \text{ K}$ und $p = 101,325 \text{ kPa}$

Säureexponent pK_S und Basenexponent pK_B

pK_S	Säure	konjugierte Base	pK_B
-11	HI	I^-	25
-10	HClO_4	ClO_4^-	24
-9	HBr	Br^-	23
-7	HCl	Cl^-	21
-3	H_2SO_4	HSO_4^-	17
-1,37	HNO_3	NO_3^-	15,37
0	H_3O^+	H_2O	14,00
1,25	HOOC-COOH	HOOC-COO $^-$	12,75

1,85	H_2SO_3	HSO_3^-	12,15
1,99	HSO_4^-	SO_4^{2-}	12,01
2,16	H_3PO_4	H_2PO_4^-	11,84
2,22	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{2+}$	11,78
3,20	HF	F^-	10,80
3,25	HNO_2	NO_2^-	10,75
3,75	HCOOH	HCOO^-	10,25
3,81	HOOC-COO^-	$^- \text{OOC-COO}^-$	10,19
4,75	CH_3COOH	CH_3COO^-	9,25
4,97	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{2+}$	9,03
6,35	H_2CO_3	HCO_3^-	7,65
7,05	H_2S	HS^-	6,95
7,20	HSO_3^-	SO_3^{2-}	6,80
7,21	H_2PO_4^-	HPO_4^{2-}	6,79
8,96	$[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$	$[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^+$	5,04
9,21	HCN	CN^-	4,79
9,25	NH_4^+	NH_3	4,75
10,33	HCO_3^-	CO_3^{2-}	3,67
12,32	HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}	1,68
14,00	H_2O	OH^-	0
19	HS^-	S^{2-}	-5
23,00	NH_3	NH_2^-	-9
24,00	OH^-	O^{2-}	-10

Säure-Base-Indikatoren

Indikator	pH-Bereich des Farbumschlags	Farbänderung
Thymolblau	1,2 - 2,8	rot-gelb
Methylorange	3,0 - 4,4	rot-gelborange
Bromkresolgrün	3,8 - 5,4	gelb-blau
Methylrot	4,2 - 6,2	rot-gelb
Lackmus	5,0 - 8,0	rot-blau
Bromthymolblau	6,0 - 7,6	gelb-blau
Thymolblau	8,0 - 9,6	gelb-blau
Phenolphthalein	8,2 - 10,0	farblos-purpur
Thymolphthalein	9,3 - 10,5	farblos-blau
Alizarin R	10,0 - 12,1	hellgelb-rotbraun

Standardpotenziale

bei $T = 298,15\text{K}$, $p = 101,325\text{kPa}$ und $c = 1\frac{\text{mol}}{\text{L}}$

reduzierte Form	\rightleftharpoons	oxidierte Form $+z \cdot e^-$	Standardpotenzial E° in V
Li	\rightleftharpoons	$\text{Li}^+ + e^-$	-3,04
Na	\rightleftharpoons	$\text{Na}^+ + e^-$	-2,71
Mg	\rightleftharpoons	$\text{Mg}^{2+} + 2e^-$	-2,37
Al	\rightleftharpoons	$\text{Al}^{3+} + 3e^-$	-1,66
Mn	\rightleftharpoons	$\text{Mn}^{2+} + 2e^-$	-1,19
$\text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	\rightleftharpoons	$2\text{H}_2\text{O} + 2e^-$	-0,83 (pH = 14)
Zn	\rightleftharpoons	$\text{Zn}^{2+} + 2e^-$	-0,76
Cr	\rightleftharpoons	$\text{Cr}^{3+} + 3e^-$	-0,74
S^{2-}	\rightleftharpoons	$\text{S} + 2e^-$	-0,48
Fe	\rightleftharpoons	$\text{Fe}^{2+} + 2e^-$	-0,45
Ni	\rightleftharpoons	$\text{Ni}^{2+} + 2e^-$	-0,26
Sn	\rightleftharpoons	$\text{Sn}^{2+} + 2e^-$	-0,14
Pb	\rightleftharpoons	$\text{Pb}^{2+} + 2e^-$	-0,13
$\text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	\rightleftharpoons	$2\text{H}_3\text{O}^+ + 2e^-$	0,00 (pH = 0)
Cu^+	\rightleftharpoons	$\text{Cu}^{2+} + e^-$	+0,15
Cu	\rightleftharpoons	$\text{Cu}^{2+} + 2e^-$	+0,34
4OH^-	\rightleftharpoons	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^-$	+0,40 (pH = 14)
Cu	\rightleftharpoons	$\text{Cu}^+ + e^-$	+0,52
2I^-	\rightleftharpoons	$\text{I}_2 + 2e^-$	+0,54
Fe^{2+}	\rightleftharpoons	$\text{Fe}^{3+} + e^-$	+0,77
Ag	\rightleftharpoons	$\text{Ag}^+ + e^-$	+0,80
2Br^-	\rightleftharpoons	$\text{Br}_2 + 2e^-$	+1,07
Pt	\rightleftharpoons	$\text{Pt}^{2+} + 2e^-$	+1,18
$6\text{H}_2\text{O}$	\rightleftharpoons	$\text{O}_2 + 4\text{H}_3\text{O}^+ + 4e^-$	+1,23 (pH = 0)
2Cl^-	\rightleftharpoons	$\text{Cl}_2 + 2e^-$	+1,36
Au	\rightleftharpoons	$\text{Au}^{3+} + 3e^-$	+1,50
2F^-	\rightleftharpoons	$\text{F}_2 + 2e^-$	+2,87

Periodensystem der Elemente

	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H Wasserstoff 1,008														5 B 2,0 Bor 10,811	6 C 2,6 Kohlenstoff 12,011	7 N 3,0 Stickstoff 14,007	8 O 3,4 Sauerstoff 15,999	9 F 4,0 Fluor 18,998	10 Ne 3,2 Neon 20,180
2	3 Li 1,0 Lithium 6,94	4 Be 1,6 Beryllium 9,012												13 Al 1,6 Aluminium 26,982	14 Si 1,9 Silicium 28,086	15 P 2,2 Phosphor 30,974	16 S 2,6 Schwefel 32,065	17 Cl 3,2 Chlor 35,453	18 Ar 2,4 Argon 39,948	
3	11 Na 0,9 Natrium 22,990	12 Mg 1,3 Magnesium 24,305												31 Ga 1,8 Gallium 69,723	32 Ge 2,0 Germanium 72,630	33 As 2,2 Arsen 74,922	34 Se 2,6 Selen 78,971	35 Br 3,0 Brom 79,904	36 Kr 2,2 Krypton 83,798	
4	19 K 0,8 Kalium 39,098	20 Ca 1,0 Calcium 40,078	21 Sc 1,4 Scandium 44,956	22 Ti 1,5 Titan 47,867	23 V 1,6 Vanadium 50,942	24 Cr 1,7 Chrom 51,996	25 Mn 1,6 Mangan 54,938	26 Fe 1,8 Eisen 55,845	27 Co 1,9 Cobalt 58,933	28 Ni 1,9 Nickel 58,693	29 Cu 1,9 Kupfer 63,546	30 Zn 1,7 Zink 65,38	31 Ga 1,8 Gallium 69,723	32 Ge 2,0 Germanium 72,630	33 As 2,2 Arsen 74,922	34 Se 2,6 Selen 78,971	35 Br 3,0 Brom 79,904	36 Kr 2,2 Krypton 83,798		
5	37 Rb 0,8 Rubidium 85,468	38 Sr 0,9 Strontium 87,62	39 Y 1,2 Yttrium 88,906	40 Zr 1,3 Zirkonium 91,224	41 Nb 1,6 Niobium 92,906	42 Mo 2,2 Molybdän 95,95	43 Tc 1,9 Technetium 97,907*	44 Ru 2,2 Ruthenium 101,07	45 Rh 2,3 Rhodium 102,905	46 Pd 2,2 Palladium 106,42	47 Ag 1,9 Silber 107,868	48 Cd 1,7 Cadmium 112,414	49 In 1,8 Indium 114,818	50 Sn 2,0 Zinn 118,710	51 Sb 2,1 Antimon 121,760	52 Te 2,1 Tellur 127,60	53 I 2,7 Iod 126,905	54 Xe 2,0 Xenon 131,293		
6	55 Cs 0,8 Cäsium 132,905	56 Ba 0,9 Barium 137,327	57 La 1,1 Lanthan 138,905	72 Hf 1,3 Hafnium 178,49	73 Ta 1,5 Tantal 180,948	74 W 2,4 Wolfram 183,84	75 Re 1,9 Rhenium 186,207	76 Os 2,2 Osmium 190,23	77 Ir 2,2 Iridium 192,217	78 Pt 2,3 Platin 195,084	79 Au 2,5 Gold 196,967	80 Hg 2,0 Quecksilber 200,592	81 Tl 2,0 Thallium 204,383	82 Pb 2,3 Blei 207,2	83 Bi 2,0 Bismut 208,980*	84 Po 2,0 Polonium 209,983*	85 At 2,2 Astat 209,987	86 Rn 2,0 Radon 222,018*		
7	87 Fr 0,7 Francium 223,020*	88 Ra 0,9 Radium 226,025*	89 Ac 1,1 Actinium 227,028*	104 Rf 1,1 Rutherfordium 267*	105 Db 1,3 Dubnium 270*	106 Sg 1,1 Seaborgium 269*	107 Bh 1,3 Bohrium 270*	108 Hs 1,3 Hassium 270*	109 Mt 1,3 Meitnerium 278*	110 Ds 1,3 Darmstadtium 281*	111 Rg 1,3 Roentgenium 281*	112 Cn 1,3 Copernicium 285*	113 Nh 1,3 Nihonium 286*	114 Fl 1,3 Flerovium 289*	115 Mc 1,3 Moscovium 289*	116 Lv 1,3 Livermorium 293*	117 Ts 1,3 Tenness 294*	118 Og 1,3 Oganesson 294*		
			58 Ce 1,1 Cer 140,116	59 Pr 1,1 Praseodym 140,908	60 Nd 1,1 Neodym 144,242	61 Pm 1,1 Promethium 146,915*	62 Sm 1,2 Samarium 150,36	63 Eu 1,2 Europium 151,964	64 Gd 1,2 Gadolinium 157,25	65 Tb 1,2 Terbium 158,925	66 Dy 1,2 Dysprosium 162,500	67 Ho 1,2 Holmium 164,930	68 Er 1,2 Erbium 167,259	69 Tm 1,3 Thulium 168,934	70 Yb 1,3 Ytterbium 173,045	71 Lu 1,3 Lutetium 174,967				
			90 Th 1,3 Thorium 232,038*	91 Pa 1,5 Protactinium 231,036*	92 U 1,7 Uran 238,051*	93 Np 1,3 Neptunium 237,048*	94 Pu 1,3 Plutonium 244,064*	95 Am 1,3 Americium 243,061*	96 Cm 1,3 Curium 247,070*	97 Bk 1,3 Berkelium 247,070*	98 Cf 1,3 Californium 251,080*	99 Es 1,3 Einsteinium 252,083*	100 Fm 1,3 Fermium 257,095*	101 Md 1,3 Mendelevium 258,098*	102 No 1,3 Nobelium 259,101*	103 Lr 1,3 Lawrencium 262,110*				

↓ Ordnungszahl (Kernladungszahl)
 ↓ Elektronegativität (nach Pauling)
 ↓ Mittlere relative Atommasse in u
 (* Atommasse für stabilstes Isotop
 bei radioaktiven Elementen)

Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

