

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 : Probenrohlänge

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: $F = 96485,33212... \frac{\text{C}}{\text{mol}}$ (definiert)
- ♦ ideale Gaskonstante: $R = 8,314462618... \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ (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

[illegible]

Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

