



Dokument mit Formeln und relevanten Werten für das Fach Chemie

Dieses Dokument wurde im Rahmen der Entwicklung des ländergemeinsamen Abituraufgabenpools erarbeitet.

Für die Bearbeitung der schriftlichen Abituraufgaben im Fach Chemie ist in Nordrhein-Westfalen **ab dem Abitur 2025** ein Dokument mit Formeln und relevanten Werten als Hilfsmittel zugelassen, das nur die im Folgenden angegebenen Inhalte hat.

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 idealer Gase

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

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

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

$$\varphi(A) = \frac{V(A)}{V(\text{Gem})}$$

$\varphi(A)$: Volumenanteil des Bestandteils A;

$V(A)$: Volumen des Bestandteils A;

$V(\text{Gem})$: Volumen des Gemisches

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:

$$\Delta U = Q + W$$

Wenn $p = \text{konstant}$ gilt:

$$Q_p = \Delta H$$

ΔU : Änderung der inneren Energie eines geschlossenen Systems;
 Q : Wärmemenge; W : Volumenarbeit;
 ΔH : Enthalpieänderung

Volumenarbeit

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

W : Volumenarbeit; p : Druck;
 ΔV : Volumenänderung

Kalorimetrie

Im geschlossenen System gilt ohne Berücksichtigung der Wärmemenge des Kalorimeters:

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

$$\Delta_r H = -Q$$

Q : Wärmemenge;
 c_p : spezifische Wärmekapazität der Kalorimeterflüssigkeit;
 m : Masse der Kalorimeterflüssigkeit;
 ΔT : Temperaturänderung der Kalorimeterflüssigkeit;
 $\Delta_r H$: Reaktionsenthalpie

Enthalpie bezogen auf 1 Mol der Teilchen X:

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

$\Delta_r H_m$: molare Reaktionsenthalpie;
 Q : Wärmemenge;
 $n(X)$: umgesetzte Stoffmenge der Teilchen X

Standardreaktionsenthalpie

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

$$\Delta_r H^\circ = \left[n_c \cdot \Delta_f H_m^\circ(C) + n_d \cdot \Delta_f H_m^\circ(D) \right]$$

$$- \left[n_a \cdot \Delta_f H_m^\circ(A) + n_b \cdot \Delta_f H_m^\circ(B) \right]$$

$\Delta_r H^\circ$: Standardreaktionsenthalpie;
 $\Delta_f H_m^\circ$: molare Standardbildungsenthalpie;
 n_a, n_b, n_c, n_d : Stoffmengen im stöchiometrischen Verhältnis

Standardreaktionsentropie

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

$$\Delta_r S^\circ = \left[n_c \cdot S_m^\circ(C) + n_d \cdot S_m^\circ(D) \right]$$

$$- \left[n_a \cdot S_m^\circ(A) + n_b \cdot S_m^\circ(B) \right]$$

$\Delta_r S^\circ$: Standardreaktionsentropie;
 S_m° : molare Standardentropie;
 n_a, n_b, n_c, n_d : Stoffmengen im stöchiometrischen Verhältnis

Gibbs-Helmholtz-Gleichung

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

$\Delta_r G$: freie Reaktionsenthalpie;
 $\Delta_r H$: Reaktionsenthalpie;
 T : Temperatur;
 $\Delta_r S$: Reaktionsentropie

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

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

E_λ : Extinktion bei der Wellenlänge λ ;
 ε_λ : molarer Extinktionskoeffizient bei der Wellenlänge λ ;
 c : Stoffmengenkonzentration;
 d : Schichtdicke der Messküvette

Optische Aktivität

$$\alpha = [\alpha]_\lambda^g \cdot \beta \cdot \ell$$

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

Anhang

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	Pa	$1\text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$
		Bar	bar	$1\text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
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	$1\Omega = 1\frac{V}{A} = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^3 \cdot A^2}$
elektrochemisches Potenzial	E	Volt	V	$1V = 1\frac{W}{A} = 1\frac{J}{C} = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^3 \cdot A}$
Energie	E	Joule	J	$1J = 1Nm = 1Ws = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$
		Elektronenvolt	eV	$1eV = 1,602176634 \cdot 10^{-19} J$
Enthalpie	H	Joule	J	$1J = 1Nm = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$
freie Enthalpie	G	Joule	J	$1J = 1Nm = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$
Entropie	S		$\frac{J}{K}$	
innere Energie	U	Joule	J	$1J = 1Nm = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$
Länge	l	Meter	m	
Masse	m	Kilogramm	kg	
spezifische Wärmekapazität	c_p		$\frac{J}{kg \cdot K}$	
Stoffmenge	n	Mol	mol	
Temperatur	T ϑ	Kelvin	K	$0\text{ }^\circ\text{C} \hat{=} 273,15\text{ K}$
		Grad Celsius	$^\circ\text{C}$	
Volumen	V	Liter	m^3, l, L	$1m^3 = 1000L$
Wärmemenge	Q	Joule	J	$1J = 1Nm = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^2}$
Zeit	t	Sekunde	s	

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}	Zenti	c	10^{-2}
Peta	P	10^{15}	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}
Dezi	d	10^{-1}	Atto	a	10^{-18}

Tabellierte Werte

Naturkonstanten und Näherungswerte wichtiger Größen

- ◆ Avogadro-Konstante: $N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ (definiert)
- ◆ atomare Masseneinheit: $u = 1,66053906660 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- ◆ 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 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: $c_W = 4,183 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$ 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
2,46	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^{2+}$	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 ⁻	⁻ 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	$\text{Mg}^{2+} + 2 e^-$	-2,37
Al	\rightleftharpoons	$\text{Al}^{3+} + 3 e^-$	-1,66
Mn	\rightleftharpoons	$\text{Mn}^{2+} + 2 e^-$	-1,19
$\text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	\rightleftharpoons	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 e^-$	-0,83 (pH = 14)
Zn	\rightleftharpoons	$\text{Zn}^{2+} + 2 e^-$	-0,76
Cr	\rightleftharpoons	$\text{Cr}^{3+} + 3 e^-$	-0,74
S^{2-}	\rightleftharpoons	$\text{S} + 2 e^-$	-0,48

Fe	\rightleftharpoons	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$	-0,45
Ni	\rightleftharpoons	$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$	-0,26
Sn	\rightleftharpoons	$\text{Sn}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$	-0,14
Pb	\rightleftharpoons	$\text{Pb}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$	-0,13
$\text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	\rightleftharpoons	$2 \text{H}_3\text{O}^{+} + 2 \text{e}^{-}$	0,00 (pH = 0)
Cu^{+}	\rightleftharpoons	$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^{-}$	+0,15
Cu	\rightleftharpoons	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$	+0,34
4OH^{-}	\rightleftharpoons	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^{-}$	+0,40 (pH = 14)
Cu	\rightleftharpoons	$\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-}$	+0,52
2I^{-}	\rightleftharpoons	$\text{I}_2 + 2 \text{e}^{-}$	+0,54
Fe^{2+}	\rightleftharpoons	$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-}$	+0,77
Ag	\rightleftharpoons	$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-}$	+0,80
2Br^{-}	\rightleftharpoons	$\text{Br}_2 + 2 \text{e}^{-}$	+1,07
Pt	\rightleftharpoons	$\text{Pt}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$	+1,18
$6 \text{H}_2\text{O}$	\rightleftharpoons	$\text{O}_2 + 4 \text{H}_3\text{O}^{+} + 4 \text{e}^{-}$	+1,23 (pH = 0)
2Cl^{-}	\rightleftharpoons	$\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^{-}$	+1,36
Au	\rightleftharpoons	$\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^{-}$	+1,50
2F^{-}	\rightleftharpoons	$\text{F}_2 + 2 \text{e}^{-}$	+2,87

Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

