



Institut zur Qualitätsentwicklung  
im Bildungswesen



**KULTUSMINISTER  
KONFERENZ**



**SACHSEN-ANHALT**

Ministerium für Bildung

# **Dokument mit Formeln und relevanten Werten für das Fach Chemie**

Stand: August 2023

Das Dokument ist als Hilfsmittel in Leistungserhebungen, in Klausuren sowie in der schriftlichen Abiturprüfung im Fach Chemie zugelassen.

Es ersetzt die bisher verwendeten Formel- und Tabellensammlungen.

# 1 Chemie

---

## 1.1 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

### 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

## 1.2 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  $K_L$

### 1.3 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

## 1.4 Elektronenübergänge

### Berechnung der Zellspannung

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

$\Delta E$  : 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  $T = 298,15\text{K}$  :

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

$\text{Red}$  : reduzierte Form;  $\text{Ox}$  : oxidierte Form;  
 $E$  : Potenzial des Redoxpaares;  
 $E^\circ$  : 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

## 1.5 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;  
 $\Delta t$  : Zeitintervall

### Erster Hauptsatz der Thermodynamik

Für geschlossene Systeme gilt:

$$\Delta U = Q + W$$

Bei konstantem Druck gilt:

$$\Delta H = Q_p$$

$\Delta U$  : Änderung der inneren Energie eines geschlossenen Systems;  
 $Q$  : Wärme;  $W$  : Volumenarbeit;  
 $\Delta H$  : Änderung der Enthalpie

### Volumenarbeit

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

$W$  : Volumenarbeit;  $p$  : Druck;  
 $\Delta V$  : 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;  
 $\Delta T$  : 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:

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

$\Delta H$  : 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:

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

$\Delta S$  : Änderung der Entropie;  
 $S^\circ$  : Standardentropie;  
 $n_a, n_b, n_c, n_d$  : Stoffmengen im stöchiometrischen Verhältnis

## Gibbs-Helmholtz-Gleichung

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

$\Delta G$  : Änderung der freien Enthalpie;  
 $\Delta H$  : Änderung der Enthalpie;  
 $T$  : Temperatur;  
 $\Delta S$  : Änderung der Entropie

## 1.6 Qualitative Analyse – Chromatografie

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

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

## 1.7 Quantitative und instrumentelle Analyse

## Lambert-Beer'sches-Gesetz

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

$E_{\lambda}$  : Extinktion bei der Wellenlänge  $\lambda$  ;  
 $\varepsilon_{\lambda}$  : molarer Extinktionskoeffizient bei der Wellenlänge  $\lambda$  ;  
 $c$  : Stoffmengenkonzentration;  
 $d$  : Schichtdicke der Messküvette

## Optische Aktivität

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

$\alpha$  : Drehwinkel;  
 $[\alpha]_{\lambda}^{\vartheta}$  : spezifischer Drehwinkel bei der Temperatur  $\vartheta$  und der Wellenlänge  $\lambda$  ;  
 $\beta$  : Massenkonzentration;  
 $\ell$  : Probenrohrlänge



## 2 Anhang

### 2.1 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	$\rho$		$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
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	$\Lambda_{eq}$		$\frac{\text{S} \cdot \text{cm}^2}{\text{mol}}$	
elektrische Ladung	$Q$	Coulomb	C	$1\text{ C} = 1\text{ As}$
elektrische Leitfähigkeit	$\kappa$		$\frac{\text{S}}{\text{m}}$	$1 \frac{\text{S}}{\text{m}} = \frac{1}{\Omega \cdot \text{m}}$
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	$\Omega$	$1\Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}^2}$
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 Masse- seneinheit	kg u	$1\text{ u} = 1,66053906660 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$
spezifische Wärmekapazi- tät	$c$		$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	
Stoffmenge	$n$	Mol	mol	
Temperatur	$T$ $\vartheta$	Kelvin Grad Celsius	K °C	$0\text{ °C} \triangleq 273,15\text{ K}$
Volumen	$V$	Kubikmeter Liter	$\text{m}^3$ $\ell, \text{L}$	$1\text{ m}^3 = 1000\text{ L}$
Wärme	$Q$	Joule	J	$1\text{ J} = 1\text{ Nm} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$
Wellenlänge	$\lambda$	Meter	m	
Zeit	$t$	Sekunde	s	

## 2.2 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	$\mu$	$10^{-6}$
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	$10^{-18}$

## 2.3 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)
- ◆ 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 <sup>-</sup>	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	$[Fe(H_2O)_6]^{3+}$	$[Fe(H_2O)_5(OH)]^{2+}$	11,78
3,20	HF	$F^-$	10,80
3,25	$HNO_2$	$NO_2^-$	10,75
3,75	HCOOH	HCOO <sup>-</sup>	10,25
3,81	HOOC-COO <sup>-</sup>	<sup>-</sup> OOC-COO <sup>-</sup>	10,19
4,75	$CH_3COOH$	$CH_3COO^-$	9,25
4,97	$[Al(H_2O)_6]^{3+}$	$[Al(H_2O)_5(OH)]^{2+}$	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	$[Zn(H_2O)_6]^{2+}$	$[Zn(H_2O)_5(OH)]^+$	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**

<b>Indikator</b>	<b>pH-Bereich des Farbumschlags</b>	<b>Farbänderung</b>
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 $E^\circ$ 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
$\text{S}^{2-}$	$\rightleftharpoons$	$\text{S} + 2e^-$	-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)
$\text{Cu}^+$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^{2+} + e^-$	+0,15
Cu	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^{2+} + 2e^-$	+0,34
$4\text{OH}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^-$	+0,40 (pH = 14)
Cu	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^+ + e^-$	+0,52
$2\text{I}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{I}_2 + 2e^-$	+0,54
$\text{Fe}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+} + e^-$	+0,77
Ag	$\rightleftharpoons$	$\text{Ag}^+ + e^-$	+0,80
$2\text{Br}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Br}_2 + 2e^-$	+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)
$2\text{Cl}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cl}_2 + 2e^-$	+1,36
Au	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}^{3+} + 3e^-$	+1,50
$2\text{F}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{F}_2 + 2e^-$	+2,87



**Spektrum der elektromagnetischen Strahlung**
