



# 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**

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

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

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

Red : reduzierte Form; 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

**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:

$$\Delta U = Q + W$$

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

$$Q_p = \Delta H$$

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

**Volumenarbeit**

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

$W$  : Volumenarbeit;  $p$  : Druck;  
 $\Delta V$  : 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;  
 $\Delta T$ : 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;  
 $S_m^\circ$ : 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

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

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

### Optische Aktivität

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

$\alpha$  : Drehwinkel;  
 $[\alpha]_\lambda^g$  : spezifischer Drehwinkel bei der Temperatur  $g$  und der Wellenlänge  $\lambda$  ;  
 $\beta$  : Massenkonzentration;  
 $\ell$  : 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	$\rho$		$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Druck	$p$	Pascal	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	$\Lambda_{\text{eq}}$		$\frac{\text{S} \cdot \text{cm}^2}{\text{mol}}$	
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	$\Omega$	$1\Omega = 1\frac{V}{A} = 1\frac{kg \cdot m^2}{s^3 \cdot A^2}$
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	$T$ $\vartheta$	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	$\mu$	$10^{-6}$
Mega	M	$10^6$	Nano	n	$10^{-9}$
Kilo	k	$10^3$	Piko	p	$10^{-12}$
Hekto	h	$10^2$	Femto	f	$10^{-15}$
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	$\text{I}^-$	25
-10	$\text{HClO}_4$	$\text{ClO}_4^-$	24
-9	HBr	$\text{Br}^-$	23
-7	HCl	$\text{Cl}^-$	21
-3	$\text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{HSO}_4^-$	17
-1,37	$\text{HNO}_3$	$\text{NO}_3^-$	15,37
0	$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{H}_2\text{O}$	14,00
1,25	HOOC-COOH	HOOC-COO <sup>-</sup>	12,75
1,85	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$\text{HSO}_3^-$	12,15
1,99	$\text{HSO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	12,01
2,16	$\text{H}_3\text{PO}_4$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	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	$\text{F}^-$	10,80
3,25	$\text{HNO}_2$	$\text{NO}_2^-$	10,75
3,75	HCOOH	$\text{HCOO}^-$	10,25
3,81	HOOC-COO <sup>-</sup>	<sup>-</sup> OOC-COO <sup>-</sup>	10,19
4,75	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	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	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$\text{HCO}_3^-$	7,65
7,05	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{HS}^-$	6,95
7,20	$\text{HSO}_3^-$	$\text{SO}_3^{2-}$	6,80
7,21	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{HPO}_4^{2-}$	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	$\text{CN}^-$	4,79

9,25	$\text{NH}_4^+$	$\text{NH}_3$	4,75
10,33	$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{2-}$	3,67
12,32	$\text{HPO}_4^{2-}$	$\text{PO}_4^{3-}$	1,68
14,00	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{OH}^-$	0
19	$\text{HS}^-$	$\text{S}^{2-}$	-5
23,00	$\text{NH}_3$	$\text{NH}_2^-$	-9
24,00	$\text{OH}^-$	$\text{O}^{2-}$	-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 $E^\circ$ 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
$\text{S}^{2-}$	$\rightleftharpoons$	$\text{S} + 2 e^-$	-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)
$\text{Cu}^{+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^{-}$	+0,15
Cu	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$	+0,34
$4 \text{OH}^{-}$	$\rightleftharpoons$	$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^{-}$	+0,40 (pH = 14)
Cu	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^{+} + \text{e}^{-}$	+0,52
$2 \text{I}^{-}$	$\rightleftharpoons$	$\text{I}_2 + 2 \text{e}^{-}$	+0,54
$\text{Fe}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-}$	+0,77
Ag	$\rightleftharpoons$	$\text{Ag}^{+} + \text{e}^{-}$	+0,80
$2 \text{Br}^{-}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Br}_2 + 2 \text{e}^{-}$	+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)
$2 \text{Cl}^{-}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^{-}$	+1,36
Au	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}^{3+} + 3 \text{e}^{-}$	+1,50
$2 \text{F}^{-}$	$\rightleftharpoons$	$\text{F}_2 + 2 \text{e}^{-}$	+2,87



Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

