

## Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

# Aufgaben für das Fach Chemie

## Dokument mit Formeln und relevanten Werten

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 hat.<sup>1</sup>

## 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;

<sup>1</sup> Die Möglichkeit der Verwendung anderer Formeldokumente im Unterricht wird durch das Dokument, das für die Bearbeitung der Aufgaben des Pools vorgesehen ist, nicht berührt.

$n(A)$ : 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:

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

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

$K_S$ : Säurekonstante;  
 $c$ : Stoffmengenkonzentration

$\text{p}K_S$ : Säureexponent;  
 $\{K_S\}$ : Zahlenwert von  $K_S$

#### Basenkonstante und Basenexponent

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

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

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

$K_B$ : Basenkonstante;  
 $c$ : Stoffmengenkonzentration

$\text{p}K_B$ : 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  $T = 298,15\text{K}$  :

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

$\text{Red}$ : 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

## 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

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

$\alpha$  : Drehwinkel;  
 $[\alpha]_{\lambda}^{\vartheta}$  : spezifischer Drehwinkel bei der Temperatur  $\vartheta$  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 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	$\Lambda_{\text{eq}}$		$\frac{\text{S} \cdot \text{cm}^2}{\text{mol}}$	
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	$\Omega$	$1\Omega = 1\frac{\text{V}}{\text{A}} = 1\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^3\cdot\text{A}^2}$
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	J	$1\text{J} = 1\text{Nm} = 1\text{Ws} = 1\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}$
		Elektronenvolt	eV	$1\text{eV} = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
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	kg	
spezifische Wärmekapazität	$c_p$		$\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$	
Stoffmenge	$n$	Mol	mol	
Temperatur	$T$ $\vartheta$	Kelvin	K	$0\text{ }^\circ\text{C} \triangleq 273,15 \text{ K}$
		Grad Celsius	$^\circ\text{C}$	
Volumen	$V$	Liter	$\text{m}^3, \text{l}, \text{L}$	$1\text{m}^3 = 1000\text{L}$
Wärmemenge	$Q$	Joule	J	$1\text{J} = 1\text{Nm} = 1\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2}{\text{s}^2}$
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

