

# Tabellen

## $pK_A$ -Werte

### $pK_A$ - und $pK_B$ -Werte

$pK_A$ -Wert	Säure		Base	$pK_B$ -Wert
-9,00	Perchlorsäure	$\text{HClO}_4 \rightleftharpoons$	$\text{ClO}_4^-$ Perchlorat	23,00
-6,00	Bromwasserstoffsäure	$\text{HBr} \rightleftharpoons$	$\text{Br}^-$ Bromid	20,00
-6,00	Salzsäure	$\text{HCl} \rightleftharpoons$	$\text{Cl}^-$ Chlorid	20,00
-3,00	Schwefelsäure	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons$	$\text{HSO}_4^-$ Hydrogensulfat	17,00
-1,32	Salpetersäure	$\text{HNO}_3 \rightleftharpoons$	$\text{NO}_3^-$ Nitrat	15,32
0,00	Hydronium-Ion	$\text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons$	$\text{H}_2\text{O}$ Wasser	14,00
0,44	Trichloressigsäure	$\text{CCl}_3\text{COOH} \rightleftharpoons$	$\text{CCl}_3\text{COO}^-$ Trichloracetat	13,56
1,25	Oxalsäure	$\text{HOOC-COOH} \rightleftharpoons$	$\text{HOOC-COO}^-$ Hydrogenoxalat	12,75
1,81	Schweflige Säure	$\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons$	$\text{HSO}_3^-$ Hydrogensulfit	12,19
1,92	Hydrogensulfat	$\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons$	$\text{SO}_4^{2-}$ Sulfat	12,08
1,96	Phosphorsäure	$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ Dihydrogenphosphat	12,04
2,20	Hexaquo-Eisen(III)-Ion	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} \rightleftharpoons$	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]^{2+}$	11,80
2,82	Chloressigsäure	$\text{CClH}_2\text{COOH} \rightleftharpoons$	$\text{CClH}_2\text{COO}^-$ Chloracetat	11,18
3,14	Flusssäure	$\text{HF} \rightleftharpoons$	$\text{F}^-$ Fluorid	10,86
3,34	Salpetrige Säure	$\text{HNO}_2 \rightleftharpoons$	$\text{NO}_2^-$ Nitrit	10,66
3,75	Ameisensäure	$\text{HCOOH} \rightleftharpoons$	$\text{HCOO}^-$ Formiat	10,25
4,29	Hydrogenoxalat	$\text{HOOC-COO}^- \rightleftharpoons$	$^- \text{OOC-COO}^-$ Oxalat	9,71
4,75	Essigsäure (HAc)	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COO}^-$ Acetat	9,25
4,88	Propionsäure	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH} \rightleftharpoons$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COO}^-$ Propionat	9,12
4,90	Hexaquo-Aluminium-Ion	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} \rightleftharpoons$	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}]^{2+}$	9,10
6,46	Kohlensäure	$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons$	$\text{HCO}_3^-$ Hydrogencarbonat	7,54
6,99	Hydrogensulfit	$\text{HSO}_3^- \rightleftharpoons$	$\text{SO}_3^{2-}$ Sulfit	7,01
7,04	Schwefelwasserstoff	$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons$	$\text{HS}^-$ Hydrogensulfid	6,96
7,21	Dihydrogenphosphat	$\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightleftharpoons$	$\text{HPO}_4^{2-}$ Hydrogenphosphat	6,79
9,21	Ammonium-Ion	$\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons$	$\text{NH}_3$ Ammoniak	4,79
9,40	Blausäure	$\text{HCN} \rightleftharpoons$	$\text{CN}^-$ Cyanid	4,60
10,40	Hydrogencarbonat	$\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons$	$\text{CO}_3^{2-}$ Carbonat	3,60
11,96	Hydrogensulfid	$\text{HS}^- \rightleftharpoons$	$\text{S}^{2-}$ Sulfid	2,04
12,32	Hydrogenphosphat	$\text{HPO}_4^{2-} \rightleftharpoons$	$\text{PO}_4^{3-}$ Phosphat	1,68
14,00	Wasser	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$	$\text{OH}^-$ Hydroxid	0,00
23,00	Ammoniak	$\text{NH}_3 \rightleftharpoons$	$\text{NH}_2^-$ Amid	-9,00
24,00	Hydroxid-Ion	$\text{OH}^- \rightleftharpoons$	$\text{O}^{2-}$ Oxid	-10,00
34,00	Methan	$\text{CH}_4 \rightleftharpoons$	$\text{CH}_3^-$	-20,00

Das Gleichgewicht liegt in wässriger Lösung vollständig auf der rechten Seite; nur Basenteilchen existieren.

Echtes Gleichgewicht in wässriger Lösung. Sowohl Basen- wie Säureteilchen existieren.

Das Gleichgewicht liegt in wässriger Lösung vollständig auf der linken Seite; nur Säureteilchen existieren.



## Elektrochemische Spannungsreihe

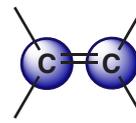
OM		RM	$E^\ominus$	Hinweise	$E$
$F_2$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons 2 F^-$	+ 2,87 V		
$S_2O_8^{2-}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons 2 SO_4^{2-}$	+ 2,05 V		
$O_2$	$+ 4 H^+$	$+ 4 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$		Elektrolyse (C-Elektrode) ca.	+1,9 V
$Pb^{4+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Pb^{2+}$	+ 1,80 V		
$H_2O_2$	$+ 2 H^+$	$+ 2 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$	+ 1,77 V		
$PbO_2 + 4 H^+ + SO_4^{2-}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons PbSO_4 + 2 H_2O$		Blei-Akku	+1,69 V
$MnO_4^-$	$+ 8 H^+$	$+ 5 e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4 H_2O$	+ 1,51 V		
$Au^{3+}$		$+ 3 e^- \rightleftharpoons Au$	+ 1,50 V		
$Cl_2$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons 2 Cl^-$	+ 1,36 V		
$Cr_2O_7^{2-}$	$+ 14 H^+$	$+ 6 e^- \rightleftharpoons 2 Cr^{3+} + 7 H_2O$	+ 1,33 V		
$O_2$	$+ 4 H^+$	$+ 4 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$	+ 1,23 V	----->	pH = 0
$Br_2$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons 2 Br^-$	+ 1,06 V		
$NO_3^-$	$+ 4 H^+$	$+ 3 e^- \rightleftharpoons NO + 2 H_2O$	+ 0,96 V	----->	verd. $HNO_3$
$Hg^{2+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Hg$	+ 0,85 V		
$O_2$	$+ 4 H^+$	$+ 4 e^- \rightleftharpoons 2 H_2O$		pH = 7	+0,82 V
$Ag^+$		$+ 1 e^- \rightleftharpoons Ag$	+ 0,80 V		
$Fe^{3+}$		$+ 1 e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	+ 0,75 V		
$O_2$	$+ 2 H^+$	$+ 2 e^- \rightleftharpoons H_2O_2$	+ 0,63 V		
$I_2$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons 2 I^-$	+ 0,58 V		
$Cu^{2+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Cu$	+ 0,35 V		
$SO_4^{2-}$	$+ 4 H^+$	$+ 2 e^- \rightleftharpoons SO_2 + 2 H_2O$	+ 0,20 V	----->	verd. $H_2SO_4$
$(H_3O^+) 2 H^+$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons H_2$	+ 0,00 V	----->	pH = 0
$Pb^{2+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Pb$	- 0,13 V		
$Sn^{2+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Sn$	- 0,14 V		
$Ni^{2+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Ni$	- 0,23 V		
$PbSO_4$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Pb + SO_4^{2-}$		Blei-Akku	-0,36 V
$Fe^{2+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Fe$	- 0,41V		
$2 H_2O$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons H_2 + 2 OH^-$		pH = 7	-0,41 V
$Zn^{2+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Zn$	- 0,76 V		
$2 H^+$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons H_2$		Elektrolyse (C-Elektrode) ca.	-1,4 V
$Al^{3+}$		$+ 3 e^- \rightleftharpoons Al$	- 1,66 V		
$Mg^{2+}$		$+ 2 e^- \rightleftharpoons Mg$	- 2,27 V		
$Na^+$		$+ 1 e^- \rightleftharpoons Na$	- 2,71 V		
$K^+$		$+ 1 e^- \rightleftharpoons K$	- 2,92 V		
$Li^+$		$+ 1 e^- \rightleftharpoons Li$	- 3,05 V		



### Durchschnittliche Bindungsenthalpien für Einfachbindungen in kJ/mol bei 298 K:

	Si	H	C	I	Br	Cl	N	O	F
F	586	567	489	280	249	253	278	193	159
O	451	463	358	234	234	208	201	146	
N		391	305			192	163		
Cl	397	431	339	211	219	242			
Br	325	366	285	178	193				
I	234	298	218	151					
C	285	413	348						
H	318	436							
Si	176								

### Bindungsenergien für Kohlenstoffmehrfachbindungen in kJ/mol bei 298 K:

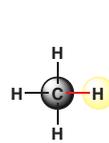


612 kJ/mol

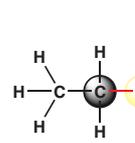


838 kJ/mol

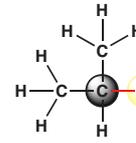
### Bindungsenergien der C-H-Bindung in kJ/mol bei 298 K:



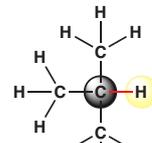
428 kJ/mol



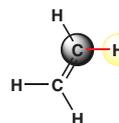
407 kJ/mol



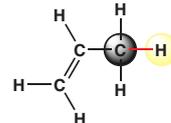
399 kJ/mol



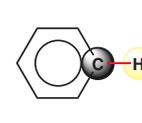
378 kJ/mol



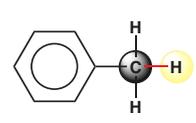
441 kJ/mol



327 kJ/mol



432 kJ/mol



331 kJ/mol

### Thermodynamische Daten einiger Stoffe

 $\Delta H_B^\ominus$  in kJ · mol<sup>-1</sup> $S^\ominus$  in kJ · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup>

	$\Delta H_B^\ominus$	$S^\ominus$		$\Delta H_B^\ominus$	$S^\ominus$
H <sub>2</sub> (g)	0,0	0,131	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (s)	-41,8	0,153
H <sub>2</sub> O (g)	-241,8	0,189	C (Grafit)	0,0	0,006
H <sub>2</sub> O (l)	-285,8	0,070	C (Diamant)	1,9	0,002
Cl <sub>2</sub> (g)	0,0	0,223	CO (g)	-110,5	0,198
HCl (g)	-92,3	0,187	CO <sub>2</sub> (g)	-393,5	0,214
O <sub>2</sub> (g)	0,0	0,205	CH <sub>4</sub> (g)	-74,9	0,186
S (s)	0,0	0,032	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (g)	226,8	0,201
SO <sub>2</sub> (g)	-296,9	0,248	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (g)	52,3	0,220
SO <sub>3</sub> (g)	-395,2	0,267	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (g)	-84,7	0,229
H <sub>2</sub> S (g)	-20,1	0,206	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (g)	-104,0	0,270
N <sub>2</sub> (g)	0,0	0,192	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	-125,0	0,310
NH <sub>3</sub> (g)	-46,1	0,192	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (l)	83,0	0,173
NO (g)	90,4	0,211	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> (l)	-250,0	0,361
NO <sub>2</sub> (g)	33,8	0,240	CH <sub>3</sub> OH (l)	-201,3	0,274
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	9,7	0,304	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (l)	-277,6	0,161

### Löslichkeitsprodukte einiger Salze

 $K_L$  bei 25 °C $K_L$  bei 25 °C

AgBr	$5 \cdot 10^{-13}$	Ca(OH) <sub>2</sub>	$4 \cdot 10^{-6}$
AgCl	$2 \cdot 10^{-10}$	CaSO <sub>4</sub>	$2 \cdot 10^{-5}$
AgI	$8 \cdot 10^{-17}$	CuS	$6 \cdot 10^{-36}$
Ag <sub>2</sub> S	$6 \cdot 10^{-50}$	Fe(OH) <sub>3</sub>	$4 \cdot 10^{-40}$
BaCO <sub>3</sub>	$5 \cdot 10^{-9}$	FeS	$5 \cdot 10^{-18}$
Ba(OH) <sub>2</sub>	$5 \cdot 10^{-3}$	NiS	$1 \cdot 10^{-24}$
BaSO <sub>4</sub>	$1 \cdot 10^{-10}$	PbCl <sub>2</sub>	$2 \cdot 10^{-5}$
CaF <sub>2</sub>	$3 \cdot 10^{-11}$	PbS	$1 \cdot 10^{-28}$
CaCO <sub>3</sub>	$5 \cdot 10^{-9}$	PbSO <sub>4</sub>	$2 \cdot 10^{-8}$

### Wichtige Konstante

$$1 \text{ u (Masseneinheit)} = 1,6605 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

$$N_A \text{ (Avogadrokonstante)} = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{Elementarladung } e = \pm 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

$$F \text{ (Faraday-Konstante)} = 96487 \text{ As} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$c \text{ (Lichtgeschwindigkeit)} = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$R \text{ (Gaskonstante)} = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$R \text{ (Gaskonstante)} = 0,08314 \text{ bar} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$h \text{ (Planck'sches Wirkungsquantum)} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

