

## Formeln und Konstanten

### Formeln

Energie E:  $E = m \cdot c^2 = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot c \cdot \nu \sim = k_B \cdot T$

Allgemeine Gasgleichung:  $pV = nRT$

Ionenladungsdichte ILD:  $ILD = \frac{z \cdot e}{\frac{4}{3}\pi r^3}$  z = Formalladung des Ions

Gleichgewichtskonstante:  $K = \frac{c^c(C) \cdot c^d(D)}{c^a(A) \cdot c^b(B)}$   $a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$

Dichte  $\rho$ :  $\rho = \frac{m}{V}$

Molare Masse M:  $M = \frac{m}{n}$

Stoffmengenkonzentration c:  $c = \frac{n}{V}$

Massenkonzentration  $\beta$ :  $\beta = \frac{m}{V}$

Massenanteil w:  $w = \frac{a \cdot F}{e} \cdot 100 \%$

Titerfaktor t bzw. F:  $t = F = \frac{c_{ist}}{c_{soll}}$

Stöchiometrischer Faktor F:  $F = \frac{M(\text{Analyt})}{M(\text{Wägeprodukt})}$  (auch gravimetrischer Faktor genannt)

Ionenprodukt des Wassers:  $c(H^+) \cdot c(OH^-) = 10^{-14} \left(\frac{mol}{l}\right)^2 \Leftrightarrow pH + pOH = 14$  (bei RT)

pH-Wert:  $pH = -\log(c(H^+))$

pOH-Wert:  $pH = -\log(c(OH^-))$

pH-Werte von Säuren:  $pH = -\log(c_0(HA) + 10^{-7})$  sehr stark mit  $pK_S < -1,74$

$$pH = -\log\left(-\frac{K_S}{2} + \sqrt{\frac{K_S^2}{4} + K_S \cdot c_0(HA)}\right)$$
 stark mit  $-1,74 < pK_S < 4,5$

$$pH = \frac{1}{2}(pK_S - \log(c_0(HA)))$$
 mittelstark mit  $4,5 < pK_S < 9,5$

$$pH = -\frac{1}{2} \cdot \log(K_S \cdot c_0(HA) + K_w)$$
 (sehr) schwach mit  $pK_S > 9,5$

Henderson-Hasselbalch-Gleichung  $pH = pK_S + \log \frac{c(A^-)}{c(HA)}$   $pH = pK_B + \log \frac{c(B)}{c(HB^+)}$

## Konstanten

Avogadro-Konstante:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

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

Faraday-Konstante:  $F = 96.485 \frac{\text{C}}{\text{mol}}$

Ionenprodukt des Wassers:  $K_w = 10^{-14} \frac{\text{mol}^2}{\text{l}^2}$  bei RT

Lichtgeschwindigkeit:  $c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Molares Volumen eines idealen Gases:  $V_m = 22,414 \frac{\text{l}}{\text{mol}}$  (bei Normalbedingungen)

Universelle Gaskonstante:  $R = 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

## pK<sub>s</sub>- und pK<sub>B</sub>-Werte ausgewählter Säuren und Basen

|                      | Name                  | Säure                          | Base + H <sup>+</sup>                       | pK <sub>s</sub> | pK <sub>B</sub> |
|----------------------|-----------------------|--------------------------------|---|-----------------|-----------------|
| Sehr starke Säuren   | Perchlorsäure         | HClO <sub>4</sub>              | ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>               | ≈ -10           | ≈ 24            |
|                      | Bromwasserstoff       | HBr                            | Br <sup>-</sup>                             | ≈ -9            | ≈ 23            |
|                      | Chlorwasserstoff      | HCl                            | Cl <sup>-</sup>                             | ≈ -6            | ≈ 20            |
|                      | Schwefelsäure         | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>               | ≈ -3            | ≈ 17            |
|                      | Hydronium-Ion         | H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>  | H <sub>2</sub> O                            | -1,74           | 15,74           |
| Starke Säuren        | Salpetersäure         | HNO <sub>3</sub>               | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                | -1,32           | 15,32           |
|                      | Hydrogensulfatanion   | HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>               | 1,92            | 12,08           |
|                      | Phosphorsäure         | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | 1,96            | 12,04           |
| Mittelstarke Säuren  | Essigsäure            | CH <sub>3</sub> COOH           | CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>            | 4,75            | 9,25            |
|                      | Schwefelwasserstoff   | H <sub>2</sub> S               | HS <sup>-</sup>                             | 6,92            | 7,08            |
|                      | Ammoniumkation        | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>   | NH <sub>3</sub>                             | 9,25            | 4,75            |
| Schwache Säuren      | Hydrogencarbonatanion | HCO <sub>3</sub> <sup>-k</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>               | 10,40           | 3,6             |
|                      | Hydrogenphosphatanion | HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>               | 12,32           | 1,68            |
|                      | Hydrogensulfidanion   | HS <sup>-</sup>                | S <sup>2-</sup>                             | 12,90           | 1,10            |
| Sehr schwache Säuren | Wasser                | H <sub>2</sub> O               | OH <sup>-</sup>                             | 15,74           | -1,74           |
|                      | Hydroxidion           | OH <sup>-</sup>                | O <sup>2-</sup>                             | ≈ 24            | ≈ -10           |
|                      | Wasserstoff           | H <sub>2</sub>                 | H <sup>-</sup>                              | ≈ 40            | ≈ -26           |

## Säure-Base-Indikatoren (////// Umschlagbereich)

|                  |         |        |         |        |         |
|------------------|---------|--------|---------|--------|---------|
| Kresolrot        | rot     | ////// | gelb    | ////// | violett |
| Methylorange     | rot     | ////// | gelb    |        |         |
| Bromkresolgrün   | gelb    | ////// | blau    |        |         |
| Methylrot        | rot     | ////// | gelb    |        |         |
| Lackmus          | rot     | ////// | blau    |        |         |
| Bromkresolpurpur | gelb    | ////// | violett |        |         |
| p-Nitrophenol    | farblos | ////// | gelb    |        |         |
| Bromthymolblau   | gelb    | ////// | blau    |        |         |
| Phenolphthalein  | farblos | ////// | violett |        |         |
| Thymolphthalein  | farblos | ////// | blau    |        |         |
| Alizarinengelb R | gelb    | ////// | rot     |        |         |

pH 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14