

3.2. Beispielrechnungen zu pH-Werten

Beispiel 1:

100 ml destilliertes Wasser wurden mit 3 ml 1 m Salzsäure versetzt. Wie groß ist der pH-Wert?

Rechnung:

1 m Salzsäure enthält 1 mmol H^+ pro ml.

3 ml dieser Lösung enthalten also 3 mmol H^+

Diese 3 mmol verteilen sich auf insgesamt 100 ml + 3 ml = 103 ml Lösung

Ihre Konzentration ist also $[\text{H}^+] = \frac{3 \text{ mmol}}{103 \text{ ml}} \approx 0,03 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$

Antwort:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \approx \underline{1,52}$$

Beispiel 2:

100 ml destilliertes Wasser wurden mit 2 ml 1 m Natronlauge versetzt. Wie groß ist der pH-Wert?

Rechnung:

1 m Natronlauge enthält 1 mmol OH^- pro ml.

2 ml dieser Lösung enthalten also 2 mmol OH^-

Diese 2 mmol verteilen sich auf insgesamt 100 ml + 2 ml = 102 ml Lösung

Ihre Konzentration ist also $[\text{OH}^-] = \frac{2 \text{ mmol}}{102 \text{ ml}} \approx 0,02 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$

Der pOH-Wert ist dann $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] \approx 1,70$

Antwort:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} \approx \underline{12,30}$$

Beispiel 3:

100 ml 0,1 m Salzsäure wurden mit 4 ml 1 m Natronlauge versetzt. Wie groß ist der pH-Wert?

Rechnung:

100 ml 0,1 m Salzsäure enthalten $10 \text{ mml} \cdot \frac{0,1 \text{ mmol}}{1 \text{ ml}} = 10 \text{ mmol } \text{H}^+$

Dazu kommen $4 \text{ mml} \cdot \frac{1 \text{ mmol}}{1 \text{ ml}} = 4 \text{ mmol } \text{OH}^-$.

Diese neutralisieren einen Teil der H^+ -Ionen: $4 \text{ mmol } \text{H}^+ + 4 \text{ mmol } \text{OH}^- \rightarrow 4 \text{ mmol } \text{H}_2\text{O}$

Übrig bleiben $10 - 4 = 6 \text{ mmol } \text{H}^+$ in 104 ml Lösung

Ihre Konzentration ist also $[\text{H}^+] = \frac{6 \text{ mmol}}{104 \text{ ml}} \approx 0,06 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$

Antwort:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \approx \underline{1,22}$$

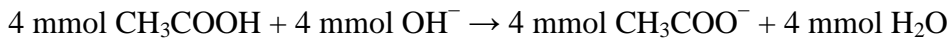
Beispiel 4:

100 ml 0,1 m Essigsäure wurden mit 4 ml 1 m Natronlauge versetzt. Wie groß ist der pH-Wert?

Rechnung:

100 ml 0,1 m essigsaurer Lösung enthalten $10 \text{ mmol} \cdot \frac{0,1 \text{ mmol}}{1 \text{ ml}} = 10 \text{ mmol CH}_3\text{COOH}$

Davon werden 4 mmol Essigsäure durch $4 \text{ mmol} \cdot \frac{1 \text{ mmol}}{1 \text{ ml}} = 4 \text{ mmol OH}^-$ neutralisiert:



Sowohl die 4 mmol CH_3COO^- als auch die noch übrigen 6 mmol CH_3COOH reagieren mit Wasser und verändern den pH-Wert. Um beide Komponenten zu berücksichtigen, verwendet man die

Puffergleichung von Henderson-Hasselbalch.

$$\text{Antwort: } \text{pH} = \text{pK}_s + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}\right) = 4,75 + \log\left(\frac{0,04}{0,06}\right) \approx 4,57$$

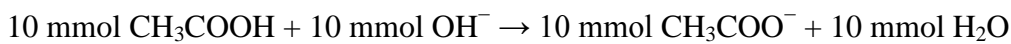
Beispiel 5:

100 ml 0,1 m Essigsäure wurden mit 14 ml 1 m Natronlauge versetzt. Wie groß ist der pH-Wert?

Rechnung:

100 ml 0,1 m essigsaurer Lösung enthalten $10 \text{ mmol} \cdot \frac{0,1 \text{ mmol}}{1 \text{ ml}} = 10 \text{ mmol CH}_3\text{COOH}$

Diese 10 mmol Essigsäure wurden durch $10 \text{ mmol} \cdot \frac{1 \text{ mmol}}{1 \text{ ml}} = 10 \text{ mmol OH}^-$ komplett neutralisiert:



Die schwache Base CH_3COO^- reagiert geringfügig mit Wasser und bildet **wenige** neue OH^- -Ionen:



Das entspricht einer Konzentration von $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} \approx 0,000007 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$

Hinzu kommen zusätzlich $4 \text{ mmol} \cdot \frac{1 \text{ mmol}}{1 \text{ ml}} = 4 \text{ mmol OH}^-$, welche **keinen Reaktionspartner mehr finden**

und **direkt** den pH-Wert verändern wie in Beispiel 2: $[\text{OH}^-] = \frac{4 \text{ mmol}}{114 \text{ ml}} \approx 0,04 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$.

Das sind **mehr als 5000 mal** so viele OH^- -Ionen als die $0,000007 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$, die durch die schwache Base

CH_3COO^- freigesetzt wurden. Wir **vernachlässigen** daher die $0,000007 \frac{\text{mmol}}{\text{ml}}$ OH^- der schwachen

Base CH_3COO^- und damit auch die ersten 10 ml zugegebener Natronlauge, denn die wurden ja durch die

Essigsäure **neutralisiert**! Wir berücksichtigen **nur** die zusätzlichen 4 ml Natronlauge, welche **nicht**

neutralisiert wurden mit $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(0,04) \approx 1,34$

Antwort:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 12,66$$