

Säuren und pH-Wert

Ein bisschen Theorie

Eine Säure ist ein Stoff, der bei der Reaktion mit Wasser ein Proton (H^+)¹ abspalten kann. Das Proton verbindet sich mit Wasser (H_2O).

DEFINITION

Säurereaktion/Protolyse:



Bei dieser Reaktion entsteht immer ein negativ geladenes Säurerest-Ion.

Das verbindende aller Säuren ist das bei der Reaktion mit Wasser entstehende H_3O^+ -Teilchen, das *Oxonium-Ion*.² Je mehr Oxonium-Ionen in der Säurelösung schwimmen, desto saurer ist die Lösung.

In neutralem, reinem Wasser sind ebenfalls Oxonium-Ionen vorhanden, etwa 1 Ion auf 10 Millionen Wassermoleküle. Das entspricht der Konzentration von

$$c = 0.000\,000\,1 \text{ mol/L} = 10^{-7} \text{ mol/L} . \quad (1)$$

Der *pH-Wert* einer Lösung gibt die Konzentration der Oxonium-Ionen in mol/L an. Da aber Zahlen wie 0.000 000 1 unhandliche Zahlen sind, ist der pH-Wert durch den *negativen dekadischen Logarithmus* dieser Konzentration gegeben. Bei reinem Wasser entspricht das

$$\text{pH} = -\log 0.000\,000\,1 = -\log 10^{-7} = -(-7) = 7 . \quad (2)$$

Je *höher* die Konzentration ist (je mehr Oxonium-Ionen sich in der Lösung befinden, je saurer die Lösung also ist), desto *niedriger* wird der pH-Wert (siehe Tabelle 1). Eine Konzentration von 1 : 1000 = 0.0001 mol/L entspricht dann

$$\text{pH} = -\log 0.0001 = -\log 10^{-3} = 3 . \quad (3)$$

¹Gibt das Wasserstoff-Atom, das aus einem Proton im Kern und einem Elektron in der Hülle besteht, sein Elektron ab, bleibt nur ein Proton übrig. Daher nennt man das Wasserstoff-Ion H^+ auch Proton.

²früher: Hydronium-Ion

pH-Wert	Konzentration	als Dezimale	als Zehnerpotenz
0	1 : 1	1	10^0
1	1 : 10	0.1	10^{-1}
2	1 : 100	0.01	10^{-2}
3	1 : 1000	0.001	10^{-3}
4	1 : 10000	0.0001	10^{-4}
5	1 : 100000	0.00001	10^{-5}
6	1 : 1000000	0.000001	10^{-6}
7 (= neutral)	1 : 10000000	0.0000001	10^{-7}

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen pH-Wert und der Konzentration von Oxonium-Ionen in Wasser in mol/L.

Aufgaben zum pH-Wert

1. Übung

In ein Planschbecken von 1000 L wird 1 L Essigsäure ($\text{pH} = 3$) gegossen. Welchen pH-Wert hat dann das Wasser?

2. Übung

Wieviel Wasser brauche ich, um 1 L Salzsäure ($\text{pH} = 1$) zu neutralisieren?

3. Übung

Wieviel Wasser benötigt man, um 0.3 L Salzsäure zu neutralisieren?

4. Übung

Du möchtest aus Salpetersäure ($\text{pH} = 1$) 500 mL eine Salpetersäure mit $\text{pH} = 5$ herstellen. Wie sieht das Mischungsverhältnis aus?

5. Übung

Wieviel Wasser muss ich zu Essigsäure ($\text{pH} = 3$) geben, um 300 mL einer Essigsäure mit $\text{pH} = 5$ zu erhalten?

6. Übung

Ich verdünne 30 mL Salzsäure-Lösung ($\text{pH} = 2$) mit Wasser zu einem pH von 4. Welches Volumen hat die Lösung dann?

7. Übung

1 mL Schwefelsäure ($\text{pH} = 0.5$) wird auf $\text{pH} = 6$ verdünnt. Wieviel Wasser brauche ich?

Lösungen

1. Lösung

Die Säure hat den pH-Wert $\text{pH} = 3$, also eine Konzentration von $10^{-3} = 0.001 \text{ mol/L}$. Das entspricht 1 : 1000. Nun wird die Säure auf das tausendfache³ verdünnt und hat damit eine Konzentration von 1 : 1 000 000 = 0.000 001. Das entspricht einem pH-Wert von

$$\text{pH} = -\log 0.000\,001 = -\log 10^{-6} = 6.$$

Das Wasser hat also einen pH-Wert von 6.

2. Lösung

Der pH-Wert von 1 bedeutet, dass die Säure eine Konzentration (in mol/L) von $10^{-1} = 0.1 = 1 : 10$ hat. Sie muss nun auf 1 : 10 000 000 (siehe Gleichung (1)) verdünnt werden, also um eine Million. Das heißt, man benötigt 1 000 000 L Wasser.

3. Lösung

Da man eine Million Liter Wasser für 1 L Salzsäure benötigte (siehe Aufgabe 2.), benötigen wir hier das 0.3-fache, also 300 000 L Wasser.

4. Lösung

Um die Salpetersäure mit $\text{pH} = 1$ (Konzentration 1 : 10 mol/L) auf $\text{pH} = 5$ (Konzentration 1 : 100 000 mol/L) zu verdünnen, müsste ich 1 L auf 10 000 L verdünnen. Da ich aber nur 500 mL = 0.5 L und nicht 10 000 L herstellen möchte, benötige ich (Dreisatz):

Säure mit $\text{pH} = 1$	Säure mit $\text{pH} = 5$
1 L	10 000 L
0.0001 L	1 L
0.000 05 L	0.5 L

0.000 05 L sind 0.05 mL. Ich muss also 0.05 mL der Säure mit $\text{pH} = 1$ auf einen halben Liter verdünnen.

5. Lösung

$\text{pH} = 3$ entspricht einer Konzentration (in mol/L) von 1 : 1000, $\text{pH} = 5$ einer Konz. von 1 : 100 000. Ich muss die Säure also um das 100-fache verdünnen. Das bedeutet also, ich muss 3 mL der Säure mit $\text{pH} = 1$ auf 300 mL verdünnen.

6. Lösung

$\text{pH} = 2$ bedeutet eine Konzentration (in mol/L) 1 : 10, $\text{pH} = 4$ bedeutet 1 : 10 000. Ich muss um das 1000-fache verdünnen. Also muss ich die 30 mL auf 30 000 mL = 30 L verdünnen.

³Eigentlich auf das 1001-fache, das kann man aber vernachlässigen.

7. Lösung

Der $\text{pH} = 0.5$ entspricht einer Konzentration (in mol/L) von $10^{-0.5} = \frac{1}{\sqrt{10}} \approx \frac{1}{3.162}$, also etwa 1 : 3.162. Um diese Lösung auf $\text{pH} = 6$, also 1 : 1 000 000 zu verdünnen, muss ich die Lösung um das $\frac{1\,000\,000}{3.162} = 316\,200$ -fache verdünnen. Ich muss die Lösung also auf 316 200 mL = 316.2 L verdünnen.