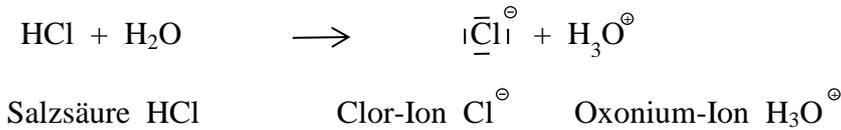


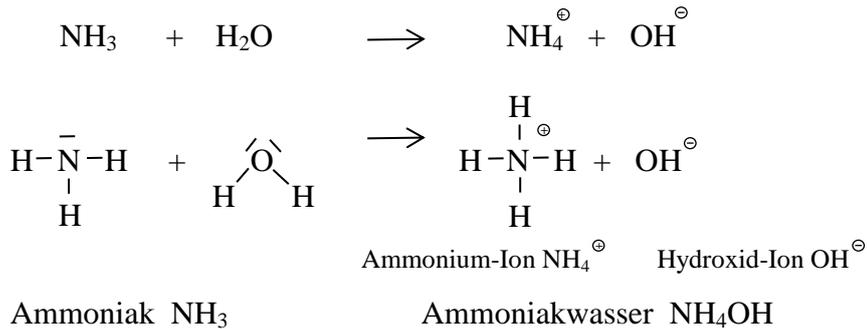
Chemie – Mathematik * Jahrgangsstufe 10 * pH-Wert und Logarithmen

Vorkenntnisse über Säuren und Basen

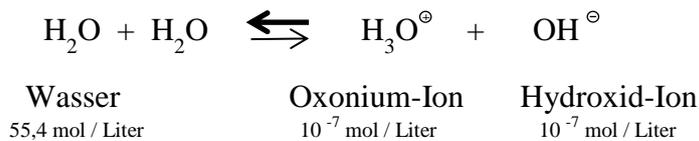
Säuren sind Protonendonatoren:



Basen sind Protonenakzeptoren:



Autoprotolyse des Wassers

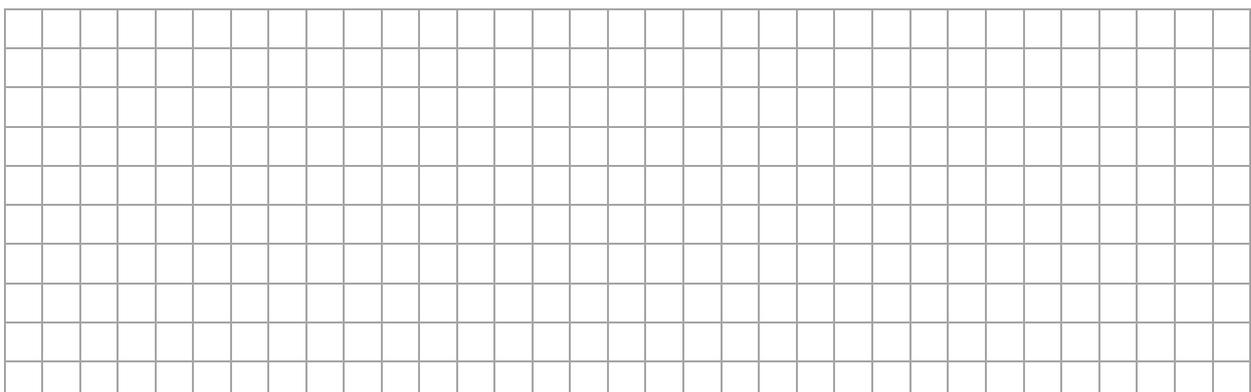


Die Konzentrationen gibt man in der Einheit mol / Liter an und schreibt dafür auch $c(\text{H}_2\text{O}) = 55,4 \text{ mol / Liter}$ und $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-7} \text{ mol / Liter} = c(\text{OH}^-)$.

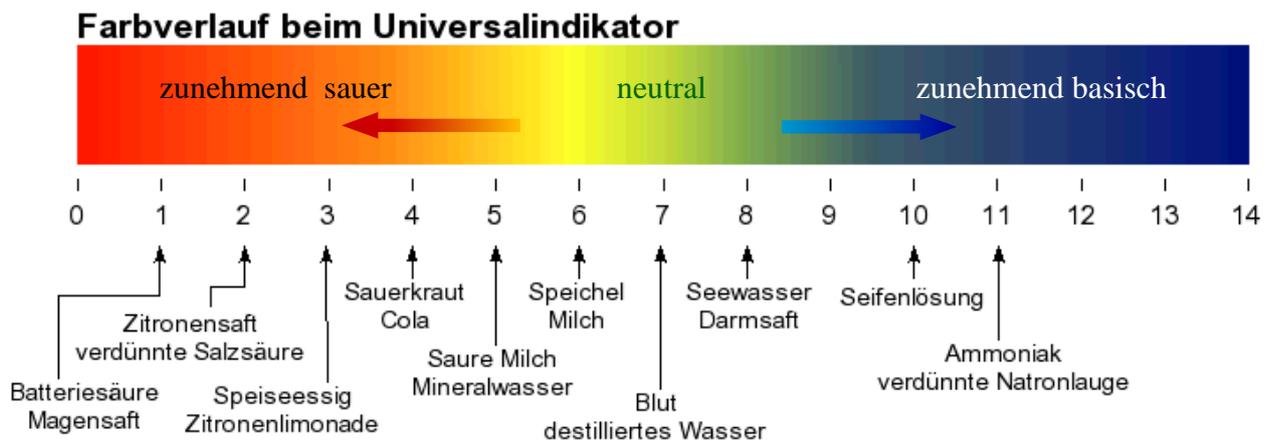
Das Produkt $c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14} \text{ mol}^2 / \text{Liter}^2$ heißt **Ionenprodukt des Wassers** und ist für alle verdünnten Lösungen eine Konstante.

Aufgaben

- 1) Wie viele Wassermoleküle kommen durchschnittlich auf ein Oxonium-Ion in destilliertem Wasser?
- 2) In einer verdünnten Salzsäure gilt z.B. $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-3} \text{ mol / Liter}$.
 Wie viele Wassermoleküle kommen nun auf ein Oxonium-Ion?
 Wie viele Oxonium-Ionen kommen auf ein Hydroxid-Ion?



Ein **Universalindikator** zeigt in einem sehr weiten Bereich pH-Werte durch ein breites Spektrum an Farbumschlägen an.



Aufgaben

- Wievielmehr Oxonium-Ionen enthalten 100 Milliliter Magensaft im Vergleich zu 100 Milliliter Zitronensaft bzw. 100 Milliliter Cola? (Verwenden Sie Daten aus dem Bild zum Farbverlauf beim Universalindikator.)
- Regen zeigt einen pH-Wert von 5,6. In den 1970er Jahren wurde in manchen Gegenden Deutschlands aber pH-Werte bis zu 3,6 („saurer Regen“) gemessen.
 - Was verursacht den so genannten „sauren Regen“?
Warum hat auch unbelasteter Regen einen pH-Wert kleiner als 7?
 - Um welchen Faktor ist die Oxoniumkonzentration beim sauren Regen höher als beim „normalen“ Regen?
- Berechnen Sie für die angegebenen Ionenkonzentrationen jeweils die pH-Werte der wässrigen Lösungen.
 - $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,05 \text{ mol/Liter}$
 - $c(\text{OH}^-) = 10^{-9} \text{ mol/Liter}$
 - $c(\text{OH}^-) = 0,00035 \text{ mol/Liter}$
- Im menschlichen Magen befindet sich Magensäure, die als Verdauungssaft wirkt und zusätzlich Bakterien abtötet. Im Wesentlichen besteht die Magensäure aus Salzsäure mit einem pH-Wert von etwa 1.
 - Welche Konzentration besitzt die Salzsäure im Magensaft bei einem pH-Wert von 1?
 - Um die Konzentration genauer zu bestimmen, werden 10 Milliliter Magensaft mit Natronlauge (NaOH) der Konzentration 0,060 mol/Liter titriert. Zum Neutralisieren der Magensäure benötigt man dafür 14 Milliliter. Berechnen Sie die Konzentration der Salzsäure im Magensaft. Welchen pH-Wert hat damit der Magensaft?
- Zu 15 Milliliter Salzsäure mit 0,10 mol/Liter werden 5,0 Milliliter NaOH mit 0,20 mol/Liter gegeben. Berechnen Sie den pH-Wert der Lösung.

Chemie – Mathematik * Jahrgangsstufe 10 * pH-Wert und Logarithmen * Lösungen

$$1. \frac{\text{Anzahl der Wassermoleküle}}{\text{Anzahl der Oxonium-Ionen}} = \frac{55,4 \text{ mol/Liter}}{10^{-7} \text{ mol/Liter}} = \frac{55,4 \cdot 10^7}{1}$$

Auf ein Oxonium-Ion kommen also 554 Millionen Wassermoleküle in destilliertem Wasser.

$$2. \frac{\text{Anzahl der Wassermoleküle}}{\text{Anzahl der Oxonium-Ionen}} = \frac{55,4 \text{ mol/Liter}}{10^{-3} \text{ mol/Liter}} = \frac{55,4 \cdot 10^3}{1}$$

Auf ein Oxonium-Ion kommen also nun nur noch 55 400 Wassermoleküle.

$$\frac{\text{Anzahl der Oxonium-Ionen}}{\text{Anzahl der Hydroxid-Ionen}} = \frac{10^{-3} \text{ mol/Liter}}{10^{-11} \text{ mol/Liter}} = \frac{10^8}{1}$$

Auf ein Hydroxid-Ion kommen also 10^8 Oxonium-Ionen.

3. Die Oxonium-Ionen-Konzentration von $2,3 \cdot 10^{-5}$ mol/Liter entspricht einem pH-Wert von $\text{pH} = -\lg(2,3 \cdot 10^{-5}) = -(\lg(2,3) + \lg(10^{-5})) = -(0,361... - 5) \approx 4,6$

4. $\text{pH} = 2,3 \Leftrightarrow 2,3 = -\lg(x) \Leftrightarrow x = 10^{-2,3} = 0,00501...$
also $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 5,0 \cdot 10^{-3}$ mol/Liter

Der pOH-Wert einer Lösung ist der

negative dekadische Logarithmus der Hydroxid-Ionen-Konzentration

$$\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-)$$

Wegen $c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{Liter}^2$ gilt

$$\text{pH} + \text{pOH} = -\lg c(\text{H}_3\text{O}^+) - \lg c(\text{OH}^-) = -(\lg(c(\text{H}_3\text{O}^+) \cdot c(\text{OH}^-))) = -\lg(10^{-14}) = 14$$

$$5. \frac{\text{Anzahl Oxonium-Ionen in 0,1 Liter Magensaft}}{\text{Anzahl Oxonium-Ionen in 0,1 Liter Zitronensaft}} = \frac{0,1 \cdot 10^{-1} \text{ (mol/Liter)}}{0,1 \cdot 10^{-2} \text{ (mol/Liter)}} = \frac{10}{1} \text{ und}$$

$$\frac{\text{Anzahl Oxonium-Ionen in 0,1 Liter Magensaft}}{\text{Anzahl Oxonium-Ionen in 0,1 Liter Zitronensaft}} = \frac{0,1 \cdot 10^{-1} \text{ (mol/Liter)}}{0,1 \cdot 10^{-4} \text{ (mol/Liter)}} = \frac{1000}{1}$$

6. a) Der saure Regen entsteht durch Abgase bei der Verbrennung insbesondere von schwefelhaltigen Brennstoffen. Schwefeloxide SO_x bilden mit Wasser und ggf. Sauerstoff schweflige Säure H_2SO_3 oder Schwefelsäure H_2SO_4 . Stickoxide NO_x bilden mit Wasser und Sauerstoff salpetrige Säure HNO_2 und Salpetersäure HNO_3 . Kohlenstoffdioxid CO_2 der Luft bildet mit Wasser Kohlensäure H_2CO_3 und führt auch bei unbelastetem Regen zu einem pH-Wert kleiner als 7.

$$b) \frac{\text{Anzahl Oxonium-Ionen in saurem Regen}}{\text{Anzahl Oxonium-Ionen in unbelastetem Regen}} = \frac{10^{-3,6} \text{ (mol/Liter)}}{10^{-5,6} \text{ (mol/Liter)}} = \frac{10^2}{1} = \frac{100}{1}$$

7. a) 0,05 mol/Liter entsprechen einem pH-Wert von $\text{pH} = -\lg(0,05) = -(-1,301...) \approx 1,3$
 b) Zu $c(\text{OH}^-) = 10^{-9}$ mol/Liter gehört $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-5}$ mol/Liter und damit ein pH-Wert von $\text{pH} = -\lg(10^{-5}) = 5$
 c) Zu $c(\text{OH}^-) = 0,00035$ mol/Liter gehört ein pOH-Wert von $\text{pOH} = -\lg(0,00035) = 3,455... \approx 3,5$ und daher $\text{pH} = 14 - 3,5 = 10,5$
8. a) $\text{pH} = 1 \Leftrightarrow 1 = -\lg(x) \Leftrightarrow x = 10^{-1} = 0,10$
 also $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,1$ mol/Liter und da Salzsäure vollständig dissoziiert ist damit $c(\text{HCl}) = 0,1$ mol/Liter
 b) 0,014 Liter NaOH mit 0,060 mol/Liter entsprechen $0,014 \cdot 0,060 \text{ mol} = 0,00084 \text{ mol}$.
 0,010 Liter Magensaft enthalten damit 0,00084 mol HCl und das bedeutet eine Oxonium-Ionen-Konzentration von 0,084 mol/Liter.
 Der pH-Wert beträgt damit $\text{pH} = -\lg(0,084) = 1,0757... \approx 1,1$.
9. 0,015 Liter HCl mit 0,10 mol/Liter bedeuten 0,0015 mol HCl.
 0,005 Liter NaOH mit 0,20 mol/Liter bedeuten 0,0010 mol NaOH.
 Nach der Neutralisation bleiben damit 0,0005 mol HCl
 in $(0,015 + 0,005)$ Liter = 0,020 Liter.

$$c(\text{H}_3\text{O}^+) = \frac{0,0005 \text{ mol}}{0,020 \text{ Liter}} = 0,025 \text{ mol/Liter}$$
 und damit

$$\text{pH} = -\lg(0,025) = 1,6$$

