

# Anorganische Experimentalchemie

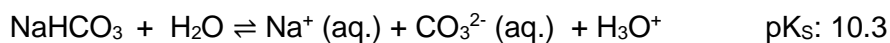
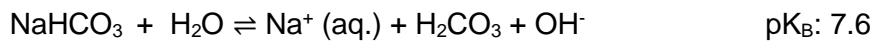
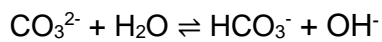
## 6. Übung:

### Puffer, Wasserstoff, Stoffchemie

1. Welchen pH-Wert haben folgende Lösungen:  $\text{pH} > 7$ ,  $\text{pH} < 7$ ,  $\text{pH} = 7$ ? Geben Sie auch entsprechende Reaktionsgleichungen an.  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :  $\text{pK}_{\text{S1}} = 6,4$ ,  $\text{pK}_{\text{S2}} = 10,3$

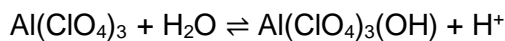
#### a. Natriumcarbonat- bzw. Natriumhydrogencarbonat-Lösung

$\text{pH} > 7$

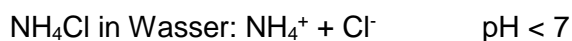


#### b. Aluminium(III)perchlorat-Lösung

$\text{pH} < 7$  Salz aus schwacher Base und starker Säure

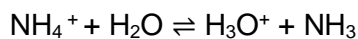


#### c. Ammoniumchlorid-Lösung ( $\text{K}_{\text{s}}(\text{HCl}) = 1 \cdot 10^6 \text{ mol/L}$ , $\text{K}_{\text{b}}(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ )

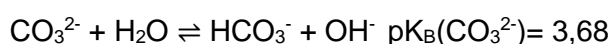
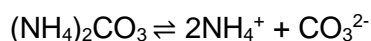


$\text{Cl}^-$  Salz einer starken Säure  $\rightarrow$  schwache Base

$\text{NH}_4^+$  Salz einer mittelstarken Säure  $\rightarrow$  mittelschwache Säure



#### d. Ammoniumcarbonat-Lösung ( $\text{K}_{\text{S1}}(\text{Kohlensäure}) = 4,2 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$ , $\text{K}_{\text{S2}}(\text{Kohlensäure}) = 4,8 \cdot 10^{-11} \text{ mol/L}$ , $\text{K}_{\text{B}}(\text{Ammoniak}) = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ )



Da  $\text{pK}_{\text{s}} > \text{pK}_{\text{B}} \rightarrow \text{pH} > 7$

2. 2 L einer Lösung enthalten 0.10 mol Essigsäure und 0.13 mol Natriumacetat.  
( $K_s(\text{Essigsäure}) = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ )

a. Welchen pH-Wert hat diese Lösung?

b. Welchen pH-Wert hat die Lösung nach Zugabe von 0.02 mol KOH?

c. Welchen pH-Wert hat die Lösung nach Zugabe von 10 cm<sup>3</sup> einer 2 mol/dm<sup>3</sup> Salpetersäure-Lösung?

Lösung?

a)

$c(\text{HOAc}) = 0.05 \text{ mol/L}$ ;  $c(\text{NaOAc}) = 0.065 \text{ mol/L}$

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \log_{10} \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})}, \quad = 4,74 + 0,114 = 4,85$$

$$\text{p}K_s = -\log_{10} \left( K_s \cdot \frac{1}{\text{mol}} \right) = 4,74$$

Henderson-Hasselbach Gleichung

b) Vorher  $\text{HOAc} = 0.1 \text{ mol}$  nach Zugabe: 0,08 mol  
 $\text{OAc}^- = 0.13 \text{ mol}$  0,15 mol

$$\log(0,15/0,08) = 0,273$$

$$\text{pH} = 4,74 + 0,27 = 5,01$$

c) 10 cm<sup>3</sup> = 10mL;  $c = 2 \text{ mol/L}$ ;  $n = 0,01 \text{ L} \cdot 2 \text{ mol/L} = 0,02 \text{ mol}$

$$\log(0,11/0,12) = -0,038$$

$$\text{pH} = 4,74 - 0,04 = 4,70$$

3. Eine  $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$ -Pufferlösung soll den pH-Wert 6,8 aufweisen.

a) In welchem Konzentrationsverhältnis müssen die beiden Ionensorten dann in der Pufferlösung vorliegen? [ $\text{p}K_s$  von  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : 7,12]

b) Welche  $\text{HPO}_4^{2-}$ -Konzentration liegt vor, wenn die Konzentration der  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ -Ionen 0,2 mol/l beträgt?

Lösung:

$$\text{a) } \text{pH} = \text{p}K_s + \lg \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})}$$

$$6,8 = 7,12 + \lg \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})}$$

$$-0,32 = \lg \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})}$$

$$10^{-0,32} = \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})}$$

$$(10^{-0,32})/1 = \frac{c(\text{Base})}{1} = \frac{0,47}{1}$$

$$\text{b) } \frac{c(\text{Base})}{c(\text{Säure})} = \frac{0,47}{1}$$

$$\frac{c(\text{HPO}_4^{2-})}{0,2 \text{ mol/L}} = \frac{0,47}{1}$$

$$c(\text{HPO}_4^{2-}) = 0,47 \cdot 0,2 \text{ mol/L} = \mathbf{0,094 \text{ mol/L}}$$

**4. Ein Essigsäure-Acetat-Puffer soll einen pH-Wert von 5.0 haben. Wieviel NaOH Lösung ( $c = 0.5 \text{ mol/L}$ ) müssen Sie zu einem Liter Essigsäure ( $0.5 \text{ mol/L}$ ) zugeben?**

**Lösung:**

$$\text{pH} = \text{p}K_s + \log_{10} \frac{c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})},$$

$$5,0 = 4,75 + \log ([\text{Ac}^-] / [\text{HAc}])$$

$$0,25 = \log ([\text{Ac}^-] / [\text{HAc}])$$

$$\rightarrow ([\text{Ac}^-] / [\text{HAc}]) = 10^{0,25} = 1,78$$

$$n_0(\text{HAc}) = 0,5 \text{ mol}$$

Nach der Neutralisation:

$$n(\text{Ac}^-) = x$$

$$n(\text{HAc}) = 0,5 - x$$

$$\rightarrow 1,78 = \frac{x}{0,5 - x}$$

$$x = 1,78 (0,5 - x) = 0,89 - 1,78 x$$

$$2,78 x = 0,89 \rightarrow x = 0,32$$

Volumen der NaOH-Lösung:  $c(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ mol/L}$

$$V = n / c = 0,32 \text{ mol} / 0,5 \text{ mol/L} \approx 0,64 \text{ L}$$

**5. Geben Sie die Elektronenkonfiguration von Fe, Cu,  $\text{K}^+$ , B, Cl,  $\text{Zn}^{2+}$  und  $\text{Pb}^{2+}$  an.**

**Lösung:**  $\text{K}^+ = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 = [\text{Ar}]$

$\text{Fe} = [\text{Ar}] 4s^2 3d^6$

$\text{Cu} = [\text{Ar}] 4s^2 3d^9$

$\text{B} = 1s^2 2s^2 2p^1$

$\text{Cl} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

$\text{Zn}^{2+} = [\text{Ar}] 3d^{10}$

$\text{Pb}^{2+} = [\text{Xe}] 6s^2 4f^{14} 5d^{10}$

**6. Sagen Sie den größten und den kleinsten Radius in folgenden Reihen voraus und begründen Sie kurz Ihre Aussage:**

**Lösung:**

a)  $\text{Se}^{2-} > \text{Br}^- > \text{Rb}^+ > \text{Sr}^{2+}$   $\text{Sr}^{2+}$  hat höchste Kernladungszahl,

Anionen haben größeren Radius

- b)  $\text{Nb}^{5+} < \text{Zr}^{4+} < \text{Y}^{3+}$  Je höher die positive Ladung desto kleiner der Radius
- c)  $\text{Co}^{4+} < \text{Co}^{3+} < \text{Co}^{2+} < \text{Co}$
- d)  $\text{Sb} > \text{P} > \text{Cl}$  Atomgröße steigt von oben nach unten und rechts nach links

**7. Wählen Sie die passende Antwort und begründen Sie diese kurz:**

- a) Der größte Radius:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ne}$ ,  $\text{F}^-$
- b) Das größte Volumen:  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Se}^{2-}$ ,  $\text{Te}^{2-}$
- c) Höchste Ionisierungsenergie:  $\text{Na}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Al}$
- d) Größter Energiebedarf, um ein Elektron zu entfernen:  $\text{Fe}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$
- e) Höchste Elektronenaffinität:  $\text{O}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{Ne}$
- f) Kleinster Radius:  $\text{Sc}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{V}$
- g) Das größte Volumen:  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$
- h) Niedrigste Ionisierungsenergie:  $\text{K}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Cs}$
- i) Höchste Elektronegativität:  $\text{N}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{As}$
- j) Höchste Elektronegativität nach Pauling:  $\text{P}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Ar}$

**Lösung:**

- a) Der größte Radius:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ne}$ ,  $\text{F}^-$  Anionen sind größer
- b) Das größte Volumen:  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Se}^{2-}$ ,  $\text{Te}^{2-}$  Innerhalb der Gruppe steigt der Radius
- c) Höchste Ionisierungsenergie:  $\text{Na}$ ,  **$\text{Mg}$** ,  $\text{Al}$   
 erste Regel: je größer das Element desto geringer  $I_e$ ,  
 $\text{Mg}$ : letzter Elektron in einem  **$3s$ -Orbital**  $\rightarrow$  stabil gefülltes s-Unterschale ( $3s^2$ ).  
 $\text{Al}$ : neues Elektron in einem  **$3p$ -Orbital** ( $3s^2 3p^1$ )  $\rightarrow$   $3p$  ist energetisch höher und weniger stark gebunden als  $3s$ .
- d) Größter Energiebedarf, um ein Elektron zu entfernen:  $\text{Fe}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  **$\text{Fe}^{3+}$**
- e) Höchste Elektronenaffinität:  $\text{O}$ ,  **$\text{F}$** ,  $\text{Ne}$  steigt von links nach rechts,  
 NG haben schon Edelgaskonfiguration
- f) Kleinster Radius:  $\text{Sc}$ ,  $\text{Ti}$ ,  **$\text{V}$**  innerhalb der Periode nimmt KernLdg zu
- g) Das größte Volumen:  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  Anionen größer als Kationen
- h) Niedrigste Ionisierungsenergie:  $\text{K}$ ,  $\text{Rb}$ ,  **$\text{Cs}$**  je größer das Element desto geringer  $I_e$
- i) Höchste Elektronegativität:  **$\text{N}$** ,  $\text{P}$ ,  $\text{As}$  EN nimmt nach rechts und nach oben zu
- j) Höchste Elektronegativität nach Pauling:  $\text{P}$ ,  $\text{S}$ ,  **$\text{Cl}$** ,  $\text{Ar}$

## 8. Trends im PSE

Kennzeichnen Sie die Trends mit „>“ oder „<“

- |                              |                     |   |                     |
|------------------------------|---------------------|---|---------------------|
| a) Ionenradius:              | $\text{Cl}^-$       | > | $\text{K}^+$        |
| b) Ionenradius:              | $\text{Mg}^{2+}$    | > | $\text{Al}^{3+}$    |
| c) Gitterenergie:            | $\text{AgF}$        | > | $\text{AgI}$        |
| d) Gitterenergie:            | $\text{NaI}$        | < | $\text{SrSe}$       |
| e) Wärmeleitfähigkeit        | $\text{C(Diamant)}$ | > | $\text{Al}$         |
| f) elektrische Leitfähigkeit | $\text{C(Diamant)}$ | < | $\text{C(Graphit)}$ |
| g) 1. Ionisierungsenergie    | $\text{Ca}$         | > | $\text{K}$          |
| h) Härte nach Lewis          | $\text{Mg}^{2+}$    | > | $\text{Ca}^{2+}$    |
| i) Löslichkeit in Wasser     | $\text{AgF}$        | > | $\text{AgI}$        |
| j) Säurestärke               | $\text{HCl}$        | < | $\text{HBr}$        |