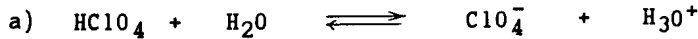


Aufgabe 1



$\text{pK}_s(\text{HClO}_4) = -9$        $\text{K}_s(\text{HClO}_4) = 10^9 = \frac{c(\text{ClO}_4^-) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c(\text{HClO}_4)} \gg 1$  d.h. das Gleichgewicht liegt stark rechts, Perchlorsäure dissoziiert praktisch vollständig in Wasser.

Bemerkung:

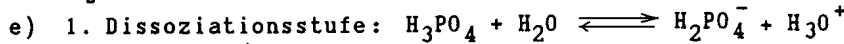
Die Säurekonstante  $\text{K}_s$  stimmt nicht genau mit der Gleichgewichtskonstanten  $\text{K}$  des jeweiligen Protolyse-Gleichgewichts überein. Für obiges Beispiel gilt:

$\text{K} = \frac{c(\text{ClO}_4^-) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c(\text{HClO}_4) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}$       Ueberführung in  $\text{K}_s$  durch Multiplikation beider Seiten der Gleichung mit  $c(\text{H}_2\text{O})$

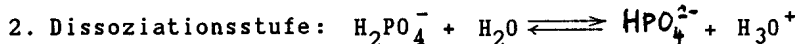
$\text{K} \cdot c(\text{H}_2\text{O}) = \frac{c(\text{ClO}_4^-) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c(\text{HClO}_4) \cdot \cancel{c(\text{H}_2\text{O})}} \cdot \cancel{c(\text{H}_2\text{O})}$        $\text{K} = \frac{\text{K}_s}{c(\text{H}_2\text{O})} = \frac{10^9}{55,6} = 1,8 \cdot 10^7$

$\text{K}_s(\text{HClO}_4) = \frac{c(\text{ClO}_4^-) \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+)}{c(\text{HClO}_4)}$        $\text{pK} = -\log \text{K} = -7,25$   
Dimensionen werden bei  $\text{K}$  weggelassen.

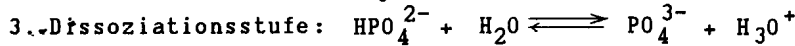
$\text{K}_s$  ist also ca. 56 mal grösser als  $\text{K}$ .



$\text{pK}_s = 1,96$        $\text{K}_s = 10^{-1,96} < 1$  Gleichgewicht links



$\text{pK}_s = 7,21$        $\text{K}_s = 10^{-7,21} \ll 1$  Gleichgewicht stärker links als 1. Dissoziationsstufe



$\text{pK}_s = 12,32$        $\text{K}_s = 10^{-12,32} \ll 1$  Gleichgewicht noch stärker links

In verdünnter Phosphorsäure sind also die folgenden Teilchen, geordnet nach abnehmender Konzentration, vorhanden:

$\text{H}_2\text{O}$       Grösste Konzentration, da verdünnte wässrige Lösung; es ist nur etwa 1 mol Phosphorsäure in einem Liter Lösung vorhanden, ca. 55 mol sind Wasser.

$\text{H}_3\text{PO}_4$       Da das Gleichgewicht der 1. Dissoziationsstufe links liegt, sind mehr nicht dissoziierte  $\text{H}_3\text{PO}_4$  Moleküle vorhanden als  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  Molekülonen.

$\text{H}_3\text{O}^+$       Entsteht in allen Dissoziationsstufen. Die Konzentration dieser Ionen ist also grösser als die der übrigen Molekülonen. *\* in 2. + 3. sehr wenig!*

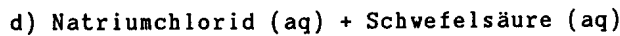
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$

$\text{HPO}_4^{2-}$       Begründung analog  $\text{H}_3\text{PO}_4$

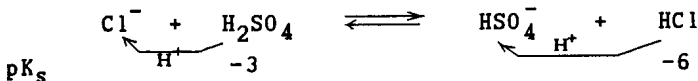
$\text{PO}_4^{3-}$       Begründung analog  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Uebe diese Konzentrations-Rangierung auch für einige weitere Beispiele mehrprotoniger Säuren in Aufgabe 1!

Aufgabe 3



Da die Natriumionen nicht an der Protolyse-Reaktion (d.h. Protonen-Uebertragung) teilnehmen, werden sie im folgenden nicht berücksichtigt. Auch (aq) kann zur Erhöhung der Uebersichtlichkeit weggelassen werden.



Dass die Schwefelsäure hier die Rolle des Protonen-Spenders übernimmt, ist auch ohne  $\text{pK}_s$ -Werte klar, da  $\text{Cl}^-$  nur als Base wirken kann ( $\text{Cl}^-$  ist die korrespondierende (schwache) Base zur (starken) Säure  $\text{HCl}$ ).

Für die Rückreaktion übernimmt  $\text{HCl}$  die Rolle der Säure.

Das Gleichgewicht liegt auf der Seite der schwächeren Säure, d.h. in diesem Fall links. (Schwefelsäure ist wegen des grösseren  $\text{pK}_s$ -Wertes die schwächere Säure als  $\text{HCl}$ !)

Es wird sich also kaum Chlorwasserstoff-Gas  $\text{HCl}(\text{g})$  bilden.

Zur quantitativen Angabe der Gleichgewichtslage:

$\text{pK} = \text{pK}_s(\text{Säure links}) - \text{pK}_s(\text{Säure rechts}) = -3 - (-6) = +3$        $\text{K} = 10^{-3} \ll 1$  Gleichgewicht relativ stark links