

Übungen zum Nernst'schen Verteilungsgesetz

1. In Wasser wurde etwas Isopropanol gelöst.
 - a) Schüttelt man 100 mL des Gemisches mit 100 mL Tetrachlormethan aus, so verbleiben im Gleichgewichtszustand in der wässrigen Phase 3,5 mmol Isopropanol, in der CCl_4 -Phase sind 65,2 mmol Isopropanol zu finden. Berechnen Sie den Nernst'schen Verteilungskoeffizient auf 2 Nachkommastellen gerundet.
 - b) Wie viel Isopropanol verbleibt in 100 mL der wässrigen Phase, wenn man nur mit 50 mL Tetrachlormethan ausschüttelt?
 - c) Wie viel Isopropanol verbleibt in der wässrigen Phase, wenn man 2 mal hintereinander mit 50 mL Tetrachlormethan ausschüttelt? Vergleichen Sie das Ergebnis mit a).
2. In einem bestimmten Volumen einer wässrigen Phase sind 20 mmol eines Stoffs gelöst. Sie wird mit einem bekannten Volumen eines org. Lösungsmittels ausgeschüttelt, wobei der empirische Verteilungskoeffizient $K = 5,2$ beträgt. Welche Stoffmengen finden sich nach der Gleichgewichtseinstellung in beiden Phasen gelöst? *[ähnlich einer Prüfungsaufgabe aus der Abschlussprüfung Teil 1, Jahr 2009]*
3. Schüttelt man 200 mL 0,1-molare wässrige Benzoesäurelösung mit 40 mL Diethylether aus, so verbleiben 0,35 g Benzoesäure in der wässrigen Phase. Berechnen Sie den Verteilungskoeffizienten.
4. Der Nernst'sche Verteilungsexponent für Ameisensäure für das System Octanol/Wasser beträgt $pK = -0,413$. In 50 mL Wasser werden 2 mmol Ameisensäure gelöst. Welche Stoffmenge Ameisensäure kann man mit 20 mL Octanol ausschütteln?

Lösungen unter www.laborberufe.de

Musterlösung

1.

$$a) K = \frac{c_{ES}}{c_{ER}} = \frac{65,2 \text{ mmol}}{3,5 \text{ mmol}} \approx 18,63$$

b)

$$K = \frac{c_{ES}}{c_{ER}} = \frac{\frac{n_{ES}}{V_S}}{\frac{n_{ER}}{V_R}} = \frac{n_{ES}}{V_S} \cdot \frac{V_R}{n_{ER}}$$

$$18,63 = \frac{n_{ES}}{50 \text{ mL}} \cdot \frac{100 \text{ mL}}{n_{ER}} \quad \text{weiterhin gilt: } n_{ES} + n_{ER} = 68,7 \text{ mmol} \Rightarrow n_{ES} = 68,7 \text{ mmol} - n_{ER}$$

$$18,63 = \frac{68,7 \text{ mmol} - n_{ER}}{50 \text{ mL}} \cdot \frac{100 \text{ mL}}{n_{ER}} \Rightarrow$$

$$9,315 = \frac{68,7 \text{ mmol} - n_{ER}}{n_{ER}} \Rightarrow$$

$$9,315 n_{ER} = 68,7 \text{ mmol} - n_{ER} \Rightarrow$$

$$10,315 n_{ER} = 68,7 \text{ mmol} \Rightarrow$$

$$n_{ER} = 6,66 \text{ mmol}$$

Es verbleibt fast die doppelte Stoffmenge im Raffinat.

c) Das Lösungsmittel wird entfernt.

Nach dem ersten Schritt gilt:

$$18,63 = \frac{n_{ES}}{50 \text{ mL}} \cdot \frac{100 \text{ mL}}{n_{ER}} \quad \text{weiterhin gilt: } n_{ES} + n_{ER} = 6,66 \text{ mmol} \Rightarrow n_{ES} = 6,66 \text{ mmol} - n_{ER}$$

=> => Rechenweg wie bei b)

$$n_{ER} = 0,65 \text{ mmol}$$

Nr. 2

$$K = \frac{n_{ES}}{n_{ER}} = 5,2 \quad \text{Weiterhin gilt: } n_{ES} + n_{ER} = 20 \text{ mmol} \quad \text{Gleichungssystem mit 2 Unbekannten}$$

=> => $n_{ES} = 16,8 \text{ mmol}$ und $n_{ER} = 3,2 \text{ mmol}$

Nr. 3

$$\text{Zu Beginn: } n_{ER} = c \cdot V = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,02 \text{ mol}$$

Am Ende (bei GG-Einstellung) $n_{ER} = \frac{m_{ER}}{M(BS)} = \frac{0,35 \text{ g}}{122,123 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,002866 \text{ mol}$

Für die Lösungsmittelphase kann man also schließen:

$$n_{ES} = 0,02 \text{ mol} - 0,002866 \text{ mol} \approx 0,017134 \text{ mol}$$

Verteilungskoeffizient: $K = \frac{n_{ES} \cdot V_R}{n_{ER} \cdot V_S} \approx \frac{0,017134 \text{ mol} \cdot 200 \text{ mL}}{0,002866 \text{ mol} \cdot 40 \text{ mL}} \approx 29,89$

Nr. 4

$$K = 10^{-pK} = 10^{0,413} = 2,588$$

$$K = \frac{n_{ES}}{V_S} \cdot \frac{V_R}{n_{ER}} \Rightarrow 2,588 = \frac{n_{ES}}{20 \text{ mL}} \cdot \frac{50 \text{ mL}}{n_{ER}} \quad \text{weiterhin gilt: } n_{ES} + n_{ER} = 2 \text{ mmol} \Rightarrow n_{ER} = 2 \text{ mmol} - n_{ES}$$

einsetzen:

$$2,588 = \frac{n_{ES}}{20 \text{ mL}} \cdot \frac{50 \text{ mL}}{2 \text{ mmol} - n_{ES}} \Rightarrow$$

$$1,0352 = \frac{n_{ES}}{2 \text{ mmol} - n_{ES}} \Rightarrow$$

$$2,0704 \text{ mmol} - 1,0352 n_{ES} = n_{ES} \Rightarrow$$

$$2,0704 \text{ mmol} = 2,0352 n_{ES} \Rightarrow$$

$$n_{ES} = 1,017 \text{ mmol}$$

Es lassen sich 1,017 mmol Ameisensäure ausschütteln.