

Bestimmung der Gleichgewichtskonstante für ein heterogenes Gleichgewicht

Autor: Florian KLUIBENSCHEDL

Bericht verfasst am: 1. März 2019

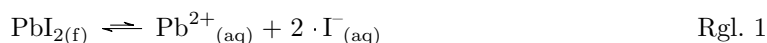
Versuchsdurchführung am: 04. März 2019
Gruppe, Matrikelnummer: 3, 11805747
Assistent: Professor Smith

Zusammenfassung

1 Theoretische Grundlagen

1.1 Motivation

Salze besitzen in Wasser unterschiedliche Löslichkeiten. Kochsalz NaCl löst sich beispielsweise sehr gut. Beim gelben PbI_2 handelt es sich um ein schwerlösliches Salz. Die entsprechende Lösereaktion wird in 1 beschrieben.



Werden nun zu einer Lösung von $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ Ionen $\text{I}^{-}_{(\text{aq})}$ Ionen hinzugegeben, fällt $\text{PbI}_{2(\text{f})}$ aus, wenn das Löslichkeitsprodukt knapp überschritten wird. Dieser Punkt ist erkennbar durch den charakteristischen, gelben Niederschlag von $\text{PbI}_{2(\text{f})}$. Es liegt also eine annähernd gesättigte Lösung vor und man kann annehmen, dass das Ionenprodukt von $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ und I^{-} dem Löslichkeitsprodukt entspricht. Ist die Menge an beteiligtem $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ und $\text{I}^{-}_{(\text{aq})}$ bekannt, kann somit über das Ionenprodukt das Löslichkeitsprodukt berechnet werden.

Da Blei unter anderem giftig ist, ist eine exakte Kenntnis der Bleikonzentration vonnöten, um z. B. zu überprüfen, ob bestimmte Grenzwerte eingehalten werden. Die Konzentration von $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ Ionen kann bei bekanntem Löslichkeitsprodukt berechnet werden.

1.2 Ziel des Experiments

Auf Basis der obigen Überlegungen ist das Ziel, über Titration eine möglichst exakte Bestimmung des Löslichkeitsproduktes von $\text{PbI}_{2(\text{f})}$ durchzuführen.

2 Experimenteller Teil

2.1 Verwendete Materialien

Tabelle 1: Auflistung der verwendeten Geräte und Chemikalien

Geräte	Hersteller	Chemikalie	Hersteller
600 mL Becherglas (25.000 ± 0.075) mL Bürette (25.000 ± 0.045) mL Vollpipette 100 mL Erlenmeyerkolben digitales Thermometer Stativ mit Klammern Magnetrührer Rührfisch		0.5 M Pb(NO ₃) ₂ Lösung 0.02 M KI Lösung deionisiertes H ₂ O	

2.2 Versuchsdurchführung

Zunächst wurden 25 mL einer 0.5 M Pb(NO₃)₃ Lösung in einen 100 mL Erlenmeyerkolben pipettiert und mit einer 0.02 M KI Lösung bis zum Endpunkt titriert. Dabei wurde die Lösung konstant mit dem Rührfisch und Magnetrührer bei 400 rpm gerührt. Am Endpunkt konnte das ausfallende PbI_{2(f)} (gelbe) nicht mehr durch Rühren gelöst werden.

Die nächsten Titrationsen erfolgten bei unterschiedlichen Konzentrationen der Pb(NO₃)₃ Lösung. Dazu wurde eine Verdünnungsreihe erstellt. 25 mL der 0.5 M Pb(NO₃)₃ Lösung wurden mit 25 mL deionisiertem Wasser verdünnt. Von der resultierenden 0.25 M Pb(NO₃)₃ Lösung wurden 25 mL mit der 0.02 M KI Lösung wie oben beschrieben titriert. Der verbleibende Rest der verdünnten Lösung (25 mL) wurde mit deionisiertem Wasser auf 50 mL aufgefüllt. Die resultierende 0.125 M Pb(NO₃)₃ Lösung wurde wie oben beschrieben titriert und verdünnt. Diese Prozedur wurde wiederholt und man erhielt eine 0.063 M, 0.031 M und 0.016 M Pb(NO₃)₃ Lösung. Der Verbrauch an KI Lösung sowie die Temperatur am Endpunkt der Titration¹ wurden jeweils notiert. Die gesättigte PbI₂ Lösung wurde im Schwermetall-Abfall entsorgt.

2.3 Auswertung

Die Konzentration von Pb²⁺_(aq) und I⁻_(aq) kann mit dem von der Gesamtkonzentration abhängigen Löslichkeitsprodukt $K_{L,c}$ berechnet werden - siehe (1). Dabei wird angenommen, dass die Aktivität des Feststoffes PbI_{2(f)} gleich eins ist.

$$K_{L,c} = \frac{a_{\text{Pb}^{2+}(\text{aq})} * a_{\text{I}^{-}(\text{aq})}^2}{a_{\text{PbI}_{2(\text{f})}}} = a_{\text{Pb}^{2+}(\text{aq})} * a_{\text{I}^{-}(\text{aq})}^2 = f_{\text{Pb}^{2+}(\text{aq})} [\text{Pb}^{2+}(\text{aq})] * f_{\text{I}^{-}(\text{aq})}^2 [\text{I}^{-}(\text{aq})]^2 \quad (1)$$

¹es wurde darauf geachtet, starke Temperaturunterschiede zu vermeiden, da die Löslichkeit stark temperaturabhängig ist und die Ergebnisse sonst nicht vergleichbar wären

Unter der Annahme, dass die Wechselwirkungen zwischen den Ionen und Molekülen der Lösung vernachlässigt werden können, ergibt sich aus (1) das bekannte Löslichkeitsprodukt K_L - siehe (2). Es gilt also $\lim_{c_{ges.} \rightarrow 0} f_i = 1 \Leftrightarrow \lim_{c_{ges.} \rightarrow 0} K_{L,c} = K_L$.

$$K_L = [\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}] * [\text{I}^{-}_{(\text{aq})}]^2 \quad (2)$$

Die symbolische Konzentration von PbI_2 in der Lösung wird durch die Löslichkeit L_M ausgedrückt. Sie errechnet sich aus dem Löslichkeitsprodukt - siehe (3).

$$L_M = [\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}] = \frac{1}{2} [\text{I}^{-}_{(\text{aq})}] = \sqrt[3]{\frac{K_L}{4}} \quad (3)$$

Im Folgenden werden weitere Beziehungen angegeben, die für die Berechnung der Werte in Tabelle 2 benötigt wurden. Die Berechnung von $[\text{Pb}(\text{NO}_3)_3]$ wird nicht angeführt, da dies bereits in 2.2 erledigt wurde.

$$pK_{L,c} = -\log_{10}(K_{L,c}) \quad (4)$$

$$V_{Ende} = V_{\text{KI}} + V_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_3} \quad (5)$$

$$[\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}]_{eq.} = \frac{[\text{Pb}(\text{NO}_3)_3] * V_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_3}}{V_{Ende}} \quad (6)$$

$$[\text{I}^{-}_{(\text{aq})}]_{eq.} = \frac{[\text{KI}] * V_{\text{KI}}}{V_{Ende}} \quad (7)$$

2.4 Messergebnisse und Literaturwerte

In Tabelle 2 sind alle Messwerte, die im Rahmen der Versuchsdurchführung wie in 2.2 beschrieben, gemessen wurden. Volumina sind in ml, Konzentrationen in M angegeben. Die einzelnen aus den Messdaten errechneten Werte wurden gemäß den in 2.3 angeführten Gleichungen berechnet.

Tabelle 2: Messdaten und daraus abgeleitete Größen

Nr.	$V_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_3}$	$[\text{Pb}(\text{NO}_3)_3]$	V_{KI}	V_{Ende}	$[\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}]_{eq.}$	$[\text{I}^{-}_{(\text{aq})}]_{eq.}$	$K_{L,c}$	$pK_{L,c}$	T in °C
1	25	0.5							
2	25	0.25							
3	25	0.125							
4	25	0.063							
5	25	0.031							
6	25	0.016							

3 Ergebnisse und Diskussion

Mithilfe der Daten in Tabelle 2 errechnen sich folgende Werte: $K_{L,c} = (2.90 \pm 1.00) \times 10^{-5}$ ($s = , \alpha = 0.95, N = 3$), $pK_{L,c} = 3.75 \pm 0.30$ ($s = , \alpha = 0.95, N = 3$), $L_M = (3.75 \pm 0.30) \text{ mol L}^{-1}$ ($s = , \alpha = 0.95, N = 3$) $\equiv (3.75 \pm 0.30) \text{ g L}^{-1}$ ($s = , \alpha = 0.95, N = 3$).

Eine Auftragung der $pK_{L,c}$ Werte von Tabelle 2 gegen $[\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}]_{eq}$. ergibt Diagramm.

Reaktionsverzeichnis

Reaktion Rgl. 1	1
---------------------------	---

Literaturverzeichnis

- [1] James Keeler Peter Atkins Julio de Paula. *Physical Chemistry*. 11th. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 2018.
- [2] internetchemie.info, Hrsg. *Dichtetabelle Salzsäure* (März 2019). URL: <https://www.internetchemie.info/chemie-lexikon/daten/s/salzsaeure-dichtetabelle.php>.
- [3] schweizer-fn.de, Hrsg. *Wärmeleitfähigkeit von Gasen in Abhängigkeit der Temperatur* (März 2019). URL: https://www.schweizer-fn.de/stoff/wleit_gase/wleit_gase.php.

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1	Materialienliste, Quelle: Autor	2
2	Messdaten und daraus abgeleitete Größen, Quelle: Autor	3