

PRAKTIKUM ZUR EINFÜHRUNG IN DIE PHYSIKALISCHE
CHEMIE,
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

**V5: Leitfähigkeit
wässriger Elektrolyte**

Durchführende:	Alea Tokita, Julia Stachowiak
Assistentin:	Annemarie Kehl
Versuchsdatum:	01.02.2016
Datum der ersten Abgabe:	08.02.2016

Messwerte:

Literaturwert:

Inhaltsverzeichnis

1	Auswertung	3
1.1	Bestimmung von Λ^0 und K_S für Essigsäure	3
1.2	Bestimmung von Λ^0 für Kaliumchlorid	4
2	Fehlerrechnung	4
2.1	absolute Fehler	4
2.2	Fehlerrechnung	5
2.3	Fehlerfortpflanzung für Λ	5
2.4	Fehler für Λ^0 und K_S aus der Auftragung	6
2.5	Diskussion systematischer Fehler	6
3	Vergleich mit Literaturwerten	6
3.1	Diskussion	6
4	Literaturverzeichnis	7

1 Auswertung

Aus den Messungen werden die Mittelwerte des Leitwertes L bestimmt und die Eigenleitfähigkeit des Wassers davon abgezogen. Mit der Zellkonstante Z der Leitfähigkeits-Messzelle wird die spezifische Leitfähigkeit κ für jede Lösung errechnet:

$$\kappa = \frac{Z}{R} = Z \cdot L \quad (1)$$

Daraus ergibt sich die molare Leitfähigkeit Λ der Lösungen:

$$\Lambda = \frac{\kappa}{c^*} \quad (2)$$

Für die Auftragungen wird die molare Leitfähigkeit bei der gemessenen Temperatur auf die Leitfähigkeit bei 25°C umgerechnet, der Koeffizient m ist für die beiden Lösungen unterschiedlich:

$$\Lambda(25^\circ\text{C}) = \Lambda(\Omega) \cdot [1 + m \cdot (25 - (\Omega/^\circ\text{C}))] \quad (3)$$

$$\begin{aligned} m_{\text{KCl}} &= 2,31 \cdot 10^{-2} \text{ für } 0,1 \text{ M} > c_s > 0,001 \text{ M} \\ m_{\text{HAc}} &= 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ für } 0,1 \text{ M} > c_s > 0,001 \text{ M} \end{aligned}$$

1.1 Bestimmung von Λ^0 und K_S für Essigsäure

Für den schwachen Elektrolyten kann das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz umgeformt werden:

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{\Lambda^0} + \frac{c^* \cdot \Lambda}{K_S \cdot (\Lambda^0)^2 \cdot c^0} \quad (4)$$

Aufgetragen wird $\frac{1}{\Lambda}$ gegen $\frac{c^* \cdot \Lambda}{c^0}$. Der reziproke Wert für die Grenzleitfähigkeit Λ^0 ergibt somit durch Extrapolation des Graphen als Schnittpunkt mit der Abszisse.

Als Steigung m bleibt $m = \frac{1}{K_S \cdot (\Lambda^0)^2}$.

Die Säurekonstante K_S errechnet sich damit folgendermaßen:

$$K_S = \frac{1}{m \cdot (\Lambda^0)^2} \quad (5)$$

	$\frac{1}{\Lambda(25^\circ\text{C})}$ in $\frac{\text{mol}}{\text{S}\cdot\text{cm}}$	$\frac{c^*}{c^0} \cdot \Lambda(25^\circ\text{C})$ in $\frac{\text{S}\cdot\text{cm}}{\text{mol}}$	$\frac{1}{\Lambda}$ in $\frac{\text{mol}}{\text{S}\cdot\text{cm}}$
0,1 M			
0,01 M			
0,001 M			

Folgende Werte ergeben sich für die Auftragung:

Daraus ergibt sich:

$$K_S = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$\Lambda^0 = 0,3 \frac{\text{mol}}{\text{S}\cdot\text{cm}}$$

1.2 Bestimmung von Λ^0 für Kaliumchlorid

Für den starken Elektrolyten Kaliumchlorid wird das Kohlrausche Quadratwurzelgesetz Λ gegen \sqrt{c} aufgetragen:

$$\Lambda = \Lambda^0 - k \cdot \sqrt{c} \quad (6)$$

Λ^0 ergibt sich ebenfalls aus Extrapolation als Schnittpunkt mit der Abszisse.
Für die Auftragung ergeben sich als Werte:

	$\Lambda(25^\circ\text{C})$ in $\frac{\text{S}\cdot\text{cm}}{\text{mol}}$	\sqrt{c} in $\text{mol}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{l}^{-\frac{1}{2}}$
0,1 M		
0,01 M		
0,001 M		

Für Λ^0 ergibt sich somit:

$$\Lambda^0 = 15$$

2 Fehlerrechnung

2.1 absolute Fehler

Die absoluten Fehler bzw. Messungenauigkeiten der Geräte betragen:

Δ Temperatur	$= 0,1^\circ\text{C}$
Δ Kolben	$= 1 \text{ mL}$
Δ Pipette	$= 0,1 \text{ mL}$

2.2 Fehlerrechnung

Zuerst wird die absolute Standardabweichung der Leitwerte nach folgender Formel bestimmt:

$$s_N = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

Da es sich um sehr wenige Werte handelt (jeweils 5), muss die Standardabweichung noch mit dem Student'schen t-Faktor multipliziert werden, um den Fehler für \bar{L} zu erhalten:

$$\Delta \bar{L} = t_N \cdot \bar{s}_N \quad (8)$$

Für 95,5% Konfidenz und 5 Messwerte beträgt dieser 2,8¹
Somit ergeben sich folgende Fehler für \bar{L} :

	0,1 M	0,01 M	0,001 M
Essigsäure			
\bar{L}	7,46	2,346	6,99
s_N	0,055	0,019	0,11
ΔL	0,15	0,054	0,31
Kaliumchlorid			
\bar{L}	1,756	1,98	2,04
s_N	0,017	0,017	0,025
ΔL	0,047	0,047	0,070

2.3 Fehlerfortpflanzung für Λ

Λ wird in den Rechnungen weiterverwandt und aufgetragen, sodass eine Fehlerfortpflanzung nach Gauß durchgeführt werden muss. Die Formel dafür lautet:

¹Götz, Eckold: *Grundbegriffe der Fehleranalyse bei praktischen Messungen*, Institut für physikalische Chemie, Uni Göttingen, **2015**.

$$\Delta f = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\delta f}{\delta x_i} \right)^2 \cdot \Delta x_i^2} \quad (9)$$

Für $\kappa = Z \cdot L$ und $c^* = \frac{n}{V}$ ergibt sich aus $\Lambda = \frac{\kappa}{c^*} = \frac{Z \cdot L \cdot V}{n}$ folgende Fehlerfortpflanzung:

$$\Delta \Lambda = \sqrt{\left(\frac{Z \cdot V}{n} \right)^2 \cdot \Delta L^2 + \left(\frac{Z \cdot L}{n} \right)^2 \cdot \Delta V^2} \quad (10)$$

Daraus ergeben sich folgende Fehler für ΔL , welche als Fehlerbalken in die Auftragungen eingetragen werden:

	0,1 M	0,01 M	0,001 M
ΔL Essigsäure	$100,6527 \approx 1 \cdot 10$	$362,21 \approx 4 \cdot 10^2$	$20776,39 \approx 2 \cdot 10^4$
ΔL Kaliumchlorid	$31,5 \approx 3 \cdot 10$	$315,2 \approx 3 \cdot 10^2$	$4692,4 \approx 5 \cdot 10^3$

2.4 Fehler für Λ^0 und K_S aus der Auftragung

Durch die eingezeichneten Grenzgeraden kann aus der maximalen und minimalen Steigung der absolute Fehler für Λ^0 bestimmt werden:

Bestimmung des Fehlers für K_S :

2.5 Diskussion systematischer Fehler

unendliche Verdünnung ungleich c gleich 0, sondern kurz davor (falscher wert)(etwas zu klein) Auftragung von 3 Werten sehr wenig und ungenau -> Auftragung sehr fehlerhaft
Ablesefehler Messgeräte Eigendissoziation des Wassers Einfluss Temperatur berücksichtigt/nicht berücksichtigt?

3 Vergleich mit Literaturwerten

3.1 Diskussion

4 Literaturverzeichnis

- 1 Gerd Wedler: *Lehrbuch der physikalischen Chemie*, 5. Aufl., WILEY-VCH Verlag GmbH Co. KGaA, Weinheim, **2004**.
- 2 Götz, Eckold: *Skriptum zur Einführung in die physikalische Chemie*, Institut für physikalische Chemie, Uni Göttingen, **2015**.
- 3 *Skriptum für das Praktikum zur Einführung in die Physikalische Chemie*, Institut für physikalische Chemie, Uni Göttingen, **2015**.