

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

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Auswertung</b>   | <b>3</b> |
| 1.1      | Bestimmung von $\Lambda^0$ und $K_S$ für Essigsäure . . . . . | 3        |
| 1.2      | Bestimmung von $\Lambda^0$ für Kaliumchlorid . . . . .        | 4        |
| <b>2</b> | <b>Fehlerrechnung</b>   | <b>4</b> |
| 2.1      | absolute Fehler . . . . .                                     | 4        |
| 2.2      | Fehlerrechnung . . . . .                                      | 5        |
| 2.3      | Fehlerfortpflanzung für $\Lambda$ . . . . .                   | 5        |
| 2.4      | Fehler für $\Lambda^0$ und $K_S$ aus der Auftragung . . . . . | 6        |
| 2.5      | Diskussion systematischer Fehler . . . . .                    | 6        |
| <b>3</b> | <b>Vergleich mit Literaturwerten</b>                          | <b>7</b> |
| 3.1      | Diskussion . . . . .  | 7        |
| <b>4</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>                                   | <b>8</b> |

# 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  $\kappa$  für jede Lösung errechnet:

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

Daraus ergibt sich die molare Leitfähigkeit  $\Lambda$  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 $\Lambda^0$ 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  $\Lambda^0$  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 $\frac{\text{S}\cdot\text{cm}}{\text{mol}}$ |
|---------|--|--|
| 0,1 M   | 1918   | $5,213 \cdot 10^{-5}$  |
| 0,01 M  | 614,0  | $1,629 \cdot 10^{-5}$  |
| 0,001 M | 210,8  | $4,473 \cdot 10^{-5}$  |

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 $\Lambda^0$ für Kaliumchlorid

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

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

$\Lambda^0$  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   | 0,01239  | 0,3162   |
| 0,01 M  | 0,01407  | 0,1000   |
| 0,001 M | 0,01439  | 0,03162  |

Für  $\Lambda^0$  ergibt sich somit:

$$\Lambda^0 = 15$$

## 2 Fehlerrechnung

### 2.1 absolute Fehler

Die absoluten Fehler bzw. Messungenauigkeiten der Geräte betragen:

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| $\Delta$ Temperatur | $= 0,1^\circ\text{C}$ |
| $\Delta$ Kolben     | $= 1 \text{ mL}$      |
| $\Delta$ 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 2,8<sup>1</sup>  
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    |
| $\Delta L$    | 0,15  | 0,054  | 0,31    |
| Kaliumchlorid |       |        |         |
| $\bar{L}$     | 1,756 | 1,98   | 2,04    |
| $s_N$         | 0,017 | 0,017  | 0,025   |
| $\Delta L$    | 0,047 | 0,047  | 0,070   |

## 2.3 Fehlerfortpflanzung für $\Lambda$

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

---

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

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

Aus  $\kappa = Z \cdot L$  und  $c^* = \frac{n}{V}$  ergibt sich:

$$\Lambda = \frac{\kappa}{c^*} = \frac{Z \cdot L \cdot V}{n} \quad (10)$$

Eingesetzt in die Formel für die Umrechnung von  $\Lambda$  auf 25 Grad ergibt sich eine absolute Formel, auf die die Fehlerrechnung angewandt werden kann:

$$\Lambda(25^\circ\text{C}) = \left( \frac{Z \cdot L \cdot V}{n} \right) \cdot [1 + m \cdot (25 - (\Omega/^\circ\text{C}))] \quad (11)$$

AB hier neu!!!!

$$\Delta \Lambda = \sqrt{\left( \frac{Z \cdot V}{n} \right)^2 \cdot \Delta L^2 + \left( \frac{Z \cdot L}{n} \right)^2 \cdot \Delta V^2} \quad (12)$$

Daraus ergeben sich folgende Fehler für  $\Delta L$ , welche als Fehlerbalken in die Auftragungen eingetragen werden:

|                          | 0,1 M                         | 0,01 M                        | 0,001 M                         |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| $\Delta L$ Essigsäure    | $100,6527 \approx 1 \cdot 10$ | $362,21 \approx 4 \cdot 10^2$ | $20776,39 \approx 2 \cdot 10^4$ |
| $\Delta L$ 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 $\Lambda^0$ und $K_S$ aus der Auftragung

Durch die eingezeichneten Grenzgeraden kann aus der maximalen und minimalen Steigung der absolute Fehler für  $\Lambda^0$  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**.