

2. Übung Batterien und Brennstoffzellen – WS 17/18

1. Für eine Leitfähigkeitsmessung wird eine Sauerstoff-Ionen leitende Probe (Stirnfläche $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$, Länge 2 cm) an den Stirnflächen mit Platin-Elektroden versehen und in einem Ofen auf $500 \text{ }^\circ\text{C}$ aufgeheizt. Mithilfe einer Zweipunkt-DC-Messung soll die Leitfähigkeit des Materials bestimmt werden. Das Messgerät ermittelt einen Widerstandswert von $R = 350 \text{ }\Omega$.
 - a. Wie groß ist der Messfehler, wenn von einem Innenwiderstand des Messgeräts von $R_{\text{Mess}} = 10 \text{ G}\Omega$, einem Leitungswiderstand von jeweils $R_{\text{Leit}} = 2 \text{ }\Omega$ und einem Polarisationswiderstand der Elektroden von jeweils $R_{\text{Pol}} = 50 \text{ }\Omega$ mit einer Kapazität von $C_{\text{Pol}} = 2 \times 10^{-6} \text{ F}$ ausgegangen werden kann?
 - b. Kann der Messfehler einer Zweipunkt-Messung für obigen Versuchsaufbau mithilfe der Impedanzspektroskopie verringert werden und wenn ja, wie groß ist dieser dann?
 - c. Um den Messfehler weiter zu minimieren, wird eine Vierpunkt-DC-Messung durchgeführt. Dazu werden zwei Schneiden jeweils 0.5 cm von der Stirnfläche entfernt auf der Probe aufgebracht (siehe Abbildung 1). Bestimmen Sie den benötigten Anregungsstrom, wenn an den Schneiden eine Spannung von $U = 10 \text{ mV}$ gemessen werden soll. Wie groß ist der Messfehler jetzt, wenn die Leitungs- und Elektrodenwiderstände aus Teil a) nun für alle Elektroden und Leitungen der Vierpunkt-Messung gelten?

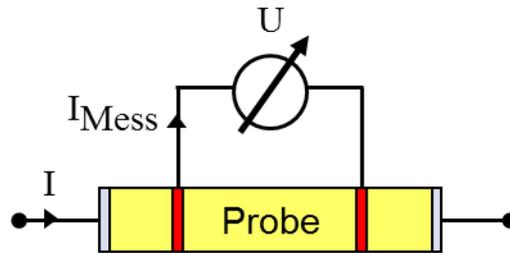


Abbildung 1: Setup für Vierpunkt-Messung

2. An zwei verschiedenen Proben wurden mithilfe von Leitfähigkeitsmessungen die temperaturabhängigen Leitfähigkeiten bestimmt. Die Messergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.
 - a. Tragen Sie die jeweiligen Werte in das Diagramm in Abbildung 2 ein und geben Sie an, welche Probe ein Arrhenius-Verhalten zeigt.
 - b. Berechnen Sie die Aktivierungsenergie dieser Probe.

Tabelle 1: Gemessene Widerstände

Temperatur in $^\circ\text{C}$	R in Ωcm^2 (Probe 1)	R in Ωcm^2 (Probe 2)
600	0.10	1.0
700	0.05	0.7
800	0.03	0.4
900	0.02	0.1

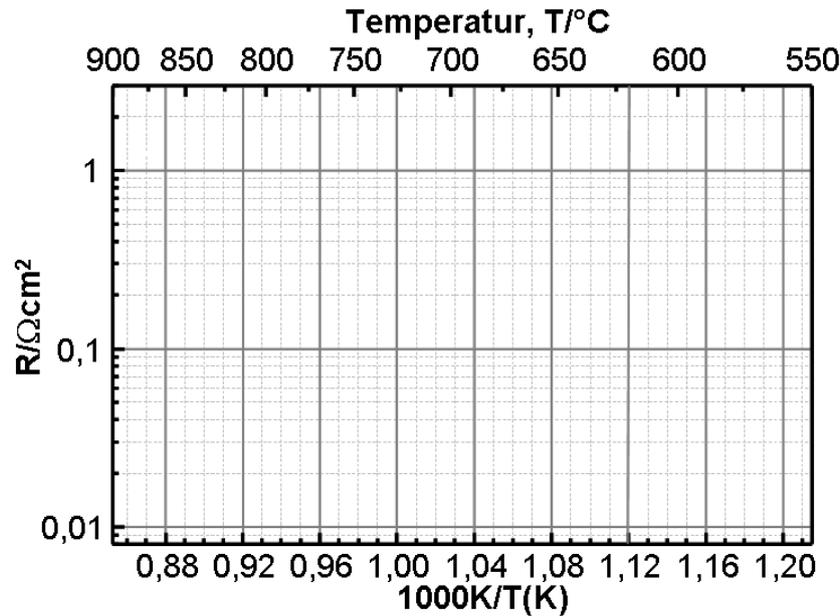


Abbildung 2: Arrhenius-Diagramm

3. Eine Probe kann durch einen ohmschen Widerstand ($R_0 = 0.1 \Omega$) und ein RC-Glied ($R_{\text{Pol}} = 1 \Omega$, $C_{\text{Pol}} = 1 \times 10^{-5} \text{ F}$) modelliert werden. Die Probe wird mithilfe der Impedanzspektroskopie vermessen, wobei sich der Messfehler durch den Messaufbau durch eine reine Induktivität beschreiben lässt ($L_F = 1 \times 10^{-6} \text{ H}$). Dadurch wird ein falscher ohmscher Widerstand gemessen. Berechnen Sie diesen.
4. Die beiden Verlustmechanismen an der SOFC-Anode sind die Diffusionspolarisation (Gleichung 1) und die Aktivierungspolarisation (Gleichung 2). Für große Stromdichten j zeigen die entsprechenden Überspannungen deutlich unterschiedliches Verhalten.

$$\eta_{\text{conc,an}} = \frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{1 + \frac{RTl_{\text{an}}}{2FP_0 D_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{eff}} pH_{2\text{O}_{\text{an}}} \cdot j}}{1 - \frac{RTl_{\text{an}}}{2FP_0 D_{\text{H}_2}^{\text{eff}} pH_{2,\text{an}}} \cdot j}} \right) \quad (1)$$

$$j = j_{0,\text{El}} \left[\exp\left(\alpha_{\text{El}} \frac{n_e F \eta_{\text{act,El}}}{RT}\right) - \exp\left(-\left(1 - \alpha_{\text{El}}\right) \frac{n_e F \eta_{\text{act,El}}}{RT}\right) \right] \quad (2)$$

$$\frac{RT}{2F} = 0.0462 \text{ V}; \quad \alpha_{\text{El}} = 0.5;$$

$$l_{\text{an}} = 1 \text{ mm}; \quad D_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{eff}} = 3.8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}; \quad D_{\text{H}_2}^{\text{eff}} = 6.5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}; \quad \alpha_{\text{El}} = 0.5;$$

$$P_0 = 101300 \frac{\text{Pa}}{\text{atm}}; \quad pH_{2\text{O}} = 0.5 \text{ atm}; \quad pH_2 = 0.5 \text{ atm}$$

- a. Skizzieren Sie den prinzipiellen Verlauf der beiden Überspannungen in Abhängigkeit der Stromstärke.
- b. Begründen Sie phänomenologisch dieses unterschiedliche Verhalten.
- c. Für welchen der beiden Verlustmechanismen gibt es eine „Grenzstromdichte“? Berechnen Sie diese.