

1. Übung Batterien und Brennstoffzellen – WS 17/18

- Es gibt mehrere Möglichkeiten, die theoretische Zellspannung U_{th} zu berechnen:
 - Wie berechnet man die theoretische Zellspannung U_{th} einer BSZ abhängig von der Reaktionsenthalpie?
 - Wie berechnet man die theoretische Zellspannung U_{th} einer BSZ abhängig von den Sauerstoffpartialdrücken p_{O_2} an Kathode und Anode?
 - Leiten Sie aus der obigen Gleichung die Abhängigkeit von U_{th} von den Wasserdampf- und Wasserstoff-Partialdrücken auf der Anodenseite für den Fall einer SOFC her.
 - Berechnen Sie die theoretische Zellspannung einer Brennstoffzelle für den Fall $T = 298K$, $p_{O_2, Kat} = 0.21 atm$, $p_{H_2, An} = 0.97 atm$, $p_{H_2O, An} = 0.03 atm$.
- Geben Sie die Halbzellenreaktionen der Anoden- und Kathodenseite der Ihnen bekannten Brennstoffzellentypen an.
- Eine Brennstoffzelle (SOFC) mit $16 cm^2$ aktiver Elektrodenfläche wird mit $1000 ml/min$ Brenngas ($55\% H_2$, $45\% H_2O$) in einem Arbeitspunkt bei $U_{Zelle} = 0.8 V$ und $j = 1.2 A/cm^2$ betrieben. Berechnen Sie die Brenngasausnutzung!
- Ein mit Erdgas betriebener SOFC-Stack wird in einem Einfamilienhaus zur Stromerzeugung eingesetzt. Das System soll dauerhaft $1 kW$ elektrische Leistung zur Verfügung stellen. Im Arbeitspunkt stellt sich eine Zellspannung von $0.7 V$ ein.
 - Berechnen Sie, welcher Gasfluss (kg/min) dazu an der Anode (reines CH_4) nötig ist.

Angaben: $\eta_{elektrisch} = 30\%$
freie Reaktionsenthalpie: $\Delta G \approx -800 kJ/mol$
Molare Masse: $MM_{CH_4} = 16.04 g/mol$

- Zusätzlich wird die Abwärme der SOFC zur Erhitzung von Warmwasser genutzt. Welcher Gesamtwirkungsgrad ergibt sich bei einer nutzbaren Abwärmeleistung von $2 kW$?
- Die UI-Kennlinie einer Brennstoffzelle beschreibt die Arbeitsspannung der Zelle über den gelieferten Gleichstrom.
 - Skizzieren Sie die UI-Kennlinie einer BSZ.
 - Welche Verlustanteile gibt es in der BSZ und was sind deren Ursachen?
 - Wie verändert sich die UI-Kennlinie mit steigender Temperatur (Annahme: Wasserstoffbetrieb)?

6. Berechnen Sie die ohmschen Verluste der verschiedenen SOFC Brennstoffzellenkonzepte bei einer Temperatur von 950°C mit den folgenden Parametern:

Angaben:

$$\sigma_{ion,YSZ} = 12 \text{ S/m}$$

$$\sigma_{electron,Ni} = 10^5 \text{ S/m}$$

$$\sigma_{electron,LSM} = 10^4 \text{ S/m}$$

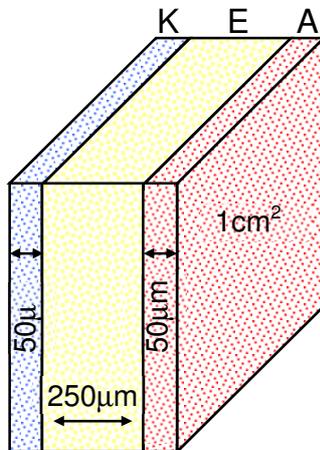
$$\tau_{Anode} = 1.3$$

$$\varepsilon_{Anode} = 30\%$$

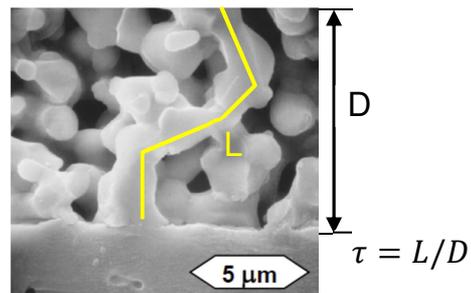
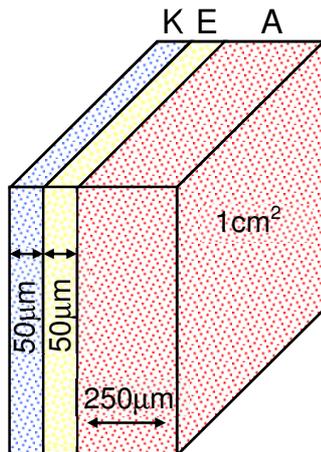
$$\tau_{Kathode} = 1.4$$

$$\varepsilon_{Kathode} = 40\%$$

a. Geometrie der elektrolytgestützten Zelle:



b. Geometrie der anodengestützten Zelle:



Hinweis: Die effektive Leitfähigkeit eines Materials berechnet sich aus der Porosität des Materials und dem Umwegfaktor τ (Tortuosität) mit der Gleichung

$$\sigma_{eff} = \sigma \cdot (1 - \varepsilon_{Por}) / \tau_{Mat}.$$