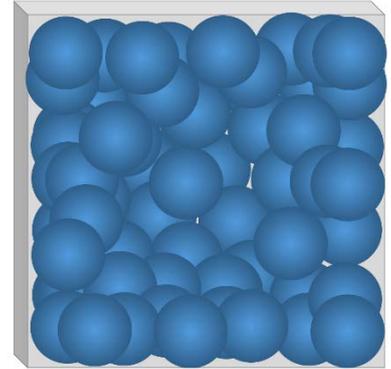


Übung 8 – Stromdichteverteilung & Elektrochemisches Engineering

Nr. 1: Stromdichte und poröse Elektrode (10 pt)

a) Wie ist die Stromdichte j definiert als Funktion des Stroms i ? (1 pt)

b) Die elektrokatalytische Eigenschaft von vier Materialien wurden analysiert für eine elektrochemische Reaktion bei einer bestimmten Überspannung bei der nur die Durchtrittsüberspannung η_{ct} auftritt, daher die Kinetik der limitierende Faktor ist (vgl. S. 182 im Vorlesungsskript). Die Materialien bestehen aus kugelförmigen Nanopartikeln (blau), die auf einer leitfähigen Elektrode (grau) aufgetragen wurden. Für jede Messung wurde die gleiche Menge m (1 g) der Materialien aufgetragen. Zudem war die geometrische projizierte Oberfläche (Oberfläche der leitfähigen Elektrode) für alle Messungen gleich jedoch ist die spezifische (tatsächliche) Oberfläche A (totale Oberfläche aller aufgetragener Nanopartikel, die zudem im Kontakt mit dem Elektrolyten ist) für alle Materialien unterschiedlich. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle aufgelistet: (4 pt)



Material	1	2	3	4
Strom i [A]	1.25	2.5	5	10
Spezifische Oberfläche A [cm ²]	0.5	1	2	4

- i) Bestimme für alle Materialien die elektrochemische Aktivität (in A/g). Welcher Katalysator besitzt die höchste elektrokatalytische Eigenschaft sprich elektrochemische Aktivität (in A/g)? (1 pt)
- ii) Berechne zudem für alle Materialien die entsprechende Stromdichte. Welches Material hat die höchste Aktivität normiert mit der spezifischen Oberfläche A (in A/cm²)? (1 pt)
- iii) Was sagt uns das über diese elektrochemische Reaktion aus? Ist die Reaktion oberflächen-spezifisch oder findet sie im «Bulk» der Nanopartikel statt? (1 pt)
- iv) Worin unterscheiden sich die Materialien? Welche Strategie sollte man verwenden um die elektrokatalytische Eigenschaft (in A/g) weiter zu verbessern? (1 pt)

c) Die elektrokatalytische Eigenschaft von vier weiteren Materialien wurde untersucht für die gleiche Reaktion und bei der gleichen Überspannung wie in Nr. 1 b). Diesmal wurden jedoch unterschiedliche Mengen für jedes Material verwendet so dass sie die spezifische Oberfläche A (1 cm²) für alle Materialien in allen Messungen gleich war. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle aufgelistet: (3 pt)

Material	5	6	7	8
Strom i [A]	1.25	2.5	5	10
Masse m [g]	0.5	1	2	4

- i) Bestimme für alle Materialien die elektrochemische Aktivität (in A/g). Welcher Katalysator besitzt die höchste elektrokatalytische Eigenschaft (in A/g)? **(1 pt)**
- ii) Berechne zudem für alle Materialien die entsprechende Stromdichte aus. Welches Material hat die höchste Aktivität normiert mit der spezifischen Oberfläche (in A/cm²). **(1 pt)**
- iii) Worin unterscheiden sich die Materialien? Welche Strategie sollte man verwenden um die elektrokatalytische Eigenschaft (in A/g) weiter zu verbessern. **(1 pt)**

d) Basierend auf den Schlussfolgerungen in Nr. 1 b + c), worin besteht nun der Vorteil beim Benützen der Stromdichte j gegenüber dem Strom i ? Hinweis: Aus einem ähnlichen Grund verwendet man den spezifischen Widerstand ρ [$\Omega \cdot \text{cm}$] häufiger als den Widerstand R [Ω] für das beschreiben von Materialeigenschaften. **(1 pt)**

e) Nenne die vier Komponenten einer porösen Elektrode? Was sind Aufgaben der einzelnen Komponenten? **(1 pt)**

Nr. 2: Stromdichteverteilung (10 pt)

a) Im Vorlesungsskript werden drei Typen von Stromdichteverteilungen besprochen (siehe S. 254). Zudem wurde auf S. 182 im Vorlesungsskript die Überspannung η definiert, die zusätzlich in drei unterschiedliche Kategorien aufgeteilt wird η_{ct} (Durchtritts-), η_{IR} (Ohm'sche-) & $\eta_{conc.}$ (Konzentrationsüberspannung). Ordne nun die drei Überspannungskategorien den verwendeten Begriffen «Elektrodenpolarisation» ($\eta_A + \eta_C$) und «Potentialabfall im Elektrolyten» ($|j| \cdot l \cdot \rho_E$ ($l = \text{Länge}$))) auf S. 254 für jede der drei Stromdichteverteilungstypen zu. Achtung: Nicht immer können alle drei Überspannungskategorien den beiden Begriffen für alle Stromdichteverteilungstypen zugeordnet werden. Zudem ist es möglich, dass einem einzigen Begriff keine oder mehrere Überspannungskategorien zugeordnet werden können. Hinweis: Die Graphen auf S. 178 und 209 im Vorlesungsskript können bei der Zuordnung helfen. **(3 pt)**

	Elektrodenpolarisation ($\eta_A + \eta_C$)	Potentialabfall im Elektrolyten ($ j \cdot l \cdot \rho_E$)
Primäre Stromdichteverteilung		
Sekundäre Stromdichteverteilung		
Tertiäre Stromdichteverteilung		

b) Auf S. 255 im Vorlesungsskript werden zwei mögliche Stromdichteverteilungen (primär und sekundär) für ein Modell (rechte Zeichnung auf S. 255) besprochen. **(5 pt)**

- i) Im ersten Beispiel wird angenommen, dass $\eta_1 = \eta_2 = 0$ gilt, wobei $\eta_x = \eta_{x,A} + \eta_{x,C}$ mit $x = 1$ oder 2 ist. Daraus wird abgeleitet, dass $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$. Warum ist diese Annahme gerechtfertigt? Erkläre basierend auf der Zeichnung, warum in diesem Fall $i_1 > i_2$ angenommen werden darf und verwende dabei der Begriff spezifischer Widerstand ρ des Elektrolyten. Hinweis: ρ ist konstant innerhalb des Elektrolyten, wobei $\rho = R/L$ (für 2D) ist ($R = \text{Widerstand} [\Omega]$ & $L = \text{Länge} [\text{cm}]$). **(3 pt)**
- ii) Wo werden höhere Ströme ($i_{total} = i_1 + i_2$) gemessen, in der primären oder in der sekundären Stromdichteverteilung? Hat sich der spezifische Widerstand des Elektrolyten im Vergleich zum primären verändert? Haben sich R_1 oder R_2 geändert im Vergleich zu i)? Hinweis: Die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Elektroden ist immer noch der gleiche wie in i). **(2 pt)**

c) Zeichne den Konzentrationsverlauf der Reaktanden als Funktion der Länge der Zelle der für die tertiäre Stromdichteverteilung gilt und auf S. 256 im Vorlesungsskript gezeichnet ist.