

3. Übung Batterien und Brennstoffzellen

1. Welche Batterietypen wurden in der Vorlesung vorgestellt? Nennen Sie die jeweiligen Reaktionsgleichungen sowieso die Materialien der Elektroden und des Elektrolyten.
2. Berechnen Sie die theoretische Zellspannung einer Bleibatterie. ($\Delta^{\circ}G^0 = -372 \text{ kJ/mol}$ bei $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
3. Berechnen Sie die theoretische Energiedichte W_{th} einer Bleibatterie. ($M_{\text{Pb}} = 207,2 \text{ g/mol}$; $M_{\text{PbO}_2} = 239,2 \text{ g/mol}$; $M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98 \text{ g/mol}$)
4. Wodurch entstehen die ...
 - a. reversiblen und
 - b. irreversiblen Wärmeverluste in einer Batterie?
Berechnen Sie diese beiden Verluste in einer Lithium-Ionen-Batterie ($z=1$) bei einem Strom von 350 A und einem Innenwiderstand von $1 \text{ m}\Omega$. Berechnen Sie den irreversiblen Wärmestrom auf Basis einer Temperatur von $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sowie einer Entropieänderung von $-10 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
5. In einem Elektrofahrzeug soll eine Batterie mit einer Kapazität von 24 kWh zum Einsatz kommen. Dies ermöglicht, je nach Fahrzeug und Fahrstil, eine realistische Reichweite von 160 km . Aus Sicherheitsgründen wird als Kathodenmaterial LiFePO_4 ausgewählt. Die Anode besteht wie bei den meisten aktuellen Lithium-Ionen-Batterien aus Graphit. Das Ziel dieser Aufgabe ist die Berechnung der Masse der benötigten Batterie.
 - a. Berechnen Sie zunächst die spezifischen Kapazitäten von LiFePO_4 und Graphit in $[\text{Ah/kg}]$. ($M_{\text{LiFePO}_4} = 157,75 \text{ g/mol}$, $M_{\text{C}_6} = 72,065 \text{ g/mol}$, $F = 96485,34 \text{ C/mol}$)
 - b. Bei einer Einzelzelle dieser Materialkombination wird davon ausgegangen, dass zusätzlich zur Masse des Elektrodenmaterials noch 50% inaktives Material benötigt wird (Elektrolyt, Separator, Stromableiter, Leitruß, ...). Wie wären die theoretische und die praktische Energiedichte einer solchen Einzelzelle?
Folgende Reaktionsgleichung soll der Berechnung zugrunde gelegt werden:
theoretisch: (entladen) $\text{LiFePO}_4 + \text{C}_6 \longleftrightarrow \text{FePO}_4 + \text{LiC}_6$ (geladen)
praktisch: (entladen) $\text{LiFePO}_4 + \text{C}_6 \longleftrightarrow \text{Li}_{0,2}\text{FePO}_4 + \text{Li}_{0,8}\text{C}_6$ (geladen)
 $U^0 = 3,3 \text{ V}$
 - c. Im betrachteten Fahrzeug werden mehrere Einzelzellen zur gesamten Traktionsbatterie verschaltet. Dazu werden Einzelzellen (Prismatische Zellen) mit einem Gewicht von 1 kg verwendet. Zusätzlich zu den Zellen sind daher ein Gehäuse, Komponenten zur Verschaltung der Einzelzellen und ein Thermomanagement notwendig. Es kann angenommen werden, dass die zusätzlichen Komponenten weitere 50% Mehrgewicht zu den Zellen verursachen. Wie schwer ist die gesamte 24 kWh Traktionsbatterie, welche aufgebaut ist aus 1 kg schweren Einzelzellen?
 - d. Welche Anteile an der Gesamtmasse haben LiFePO_4 bzw. Graphit?

- e. Wie schwer wäre dieselbe Batterie, wenn statt Graphit metallisches Lithium als Anode eingesetzt werden könnte? Beachten Sie, dass in einer Lithium-Ionen-Batterie die positive Elektrode (hier: LiFePO_4) sämtliches später verfügbares Lithium in die Zelle einbringt.
- f. Warum wird metallisches Lithium bisher nicht in kommerziellen Zellen eingesetzt?
- g. Die zuvor berechnete Batterie soll innerhalb einer halben Stunde von 0% auf 80% ihrer Nennkapazität geladen werden. Berechnen Sie den hierfür benötigten Strom und die entsprechende Leistung. (*Ladespannung*=400 V)
6. Energie- und Leistungszellen:
Die Kapazität einer Batterie hängt stark vom Entladestrom ab. Dies zeigt sich auch in der charakteristischen Form im Ragone-Diagramm (siehe Abb. 1), das je nach Zelltyp einen unterschiedlichen Verlauf aufweist. Welche Transportvorgänge/Verlustprozesse können diese Abhängigkeit verursachen und wie kann man die Mikrostruktur einer Elektrode/Zelle verändern, um die Zelle für eine möglichst hohe Leistungsdichte zu optimieren?

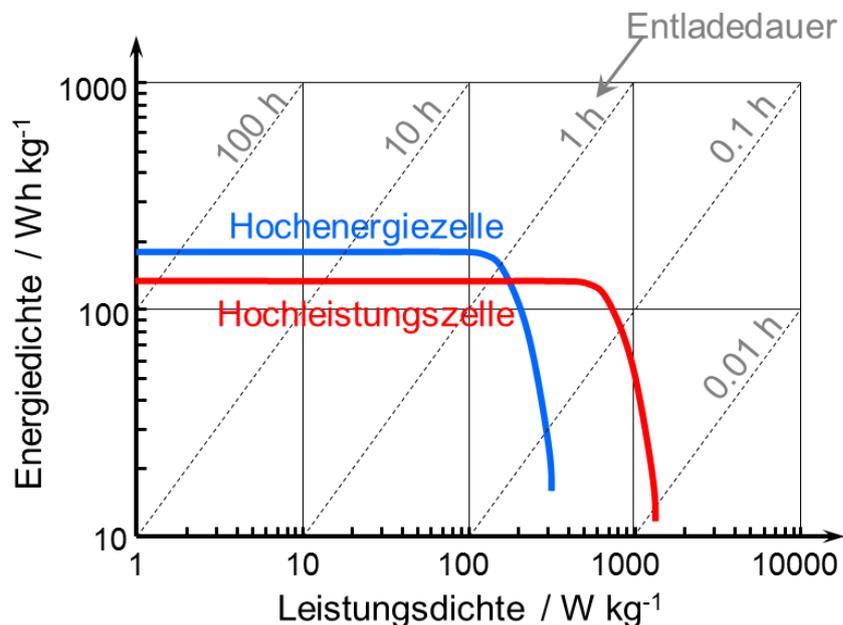


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Ragone-Diagramms einer Energie- und einer Leistungszelle