

Batteriesimulation mit FEniCS

Studiengang: Master of Science in Engineering | Vertiefung: Industrial Technologies
Betreuer: Prof. Dr. Axel Fuerst
Experte: Kaya Yaykiran (Renata SA)

Für die Erforschung und Entwicklung neuer Batteriedesigns sind Simulationen ein wichtiges Werkzeug. Auf dem Markt sind mehrere Softwarepakete für solche Berechnungen erhältlich, die meisten davon sind jedoch proprietär und für die Benutzung müssen Lizenzen erworben werden. In dieser Arbeit wurde ein Tool für die Simulation von Batterien basierend auf dem frei verfügbaren Softwarepaket «FEniCS» erstellt.

Ausgangslage

Ein wichtiger Schritt für die Energiewende ist das effiziente Speichern von elektrischer Energie. Für elektrische Fahrzeuge werden dafür fast ausschliesslich aufladbare Lithium-Ionen-Batterien verwendet. Diese weisen eine hohe Energiedichte auf, die für eine grosse Reichweite des Fahrzeuges notwendig ist. Die immer grösser werdende Energiedichte bringt aber auch Nachteile mit sich. Eine elektrochemische Batterie erzeugt funktionsbedingt Wärme. Diese muss aus der Batterie abgeführt werden, da diese sonst beschädigt würde. Durch die steigenden Energiedichten wird die Wärmeableitung immer mehr zum Problem.

Für die Entwicklung von neuen Batteriedesigns und Kühlsystemen sind Simulationen ein unerlässliches Werkzeug. Auf dem Markt sind mehrere Softwarepakete für solche Berechnungen erhältlich, die meisten jedoch mit einer proprietären Lizenz. Dadurch wird der Zugang zu solcher Software vor allem für kleine Unternehmen und Forschungsgruppen erschwert.

Ziele

In dieser Arbeit soll ein umfassendes thermisches Modell einer aufladbaren Lithium-Ionen-Batterie erstellt werden. Damit die Wärmeerzeugung innerhalb der Batterie akkurat abgebildet werden kann, ist zusätzlich ein detailliertes elektrochemisches

Modell notwendig. Das gesamte Modell soll mit freier Software erstellt werden, damit der Zugang für alle Anwender gewährleistet ist. Zudem soll das Programm einfach durch den Anwender modifizierbar sein.

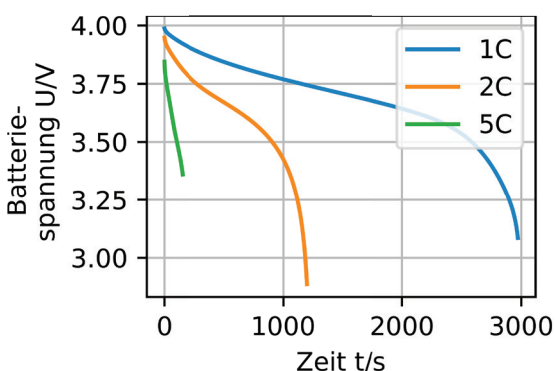
Ergebnisse

Als elektrochemisches Modell wurde das pseudo-zweidimensionale-Modell (P2D-Modell) von Doyle, Fuller und Newman gewählt. Das P2D-Modell wird häufig in der Literatur verwendet, da es mehrere Male mit experimentellen Daten validiert wurde und gut mit der Realität übereinstimmt. Mit den Ergebnissen des P2D-Modells können die Wärmequellen innerhalb der Batterie bestimmt werden und so die Temperatur der Batterie berechnet werden. Das P2D-Modell ist durch temperaturabhängige Parameter mit der Temperaturgleichung gekoppelt.

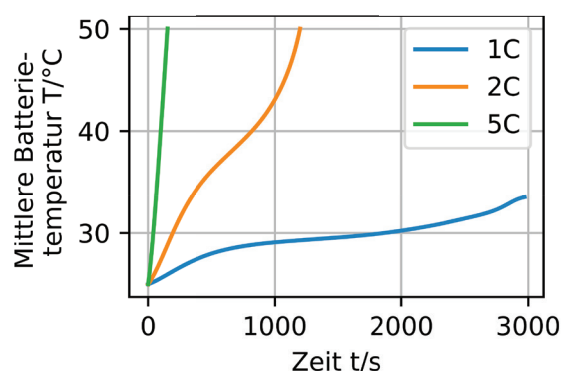
Implementiert wurde das Modell mit FEniCS, ein quelloffenes und frei verfügbares Softwarepaket für die Finite-Elemente-Methode (FEM). Der Vorteil von FEniCS ist die einfache Syntax, die ähnlich der mathematischen Formulierung der Gleichungen ist. Dadurch kann der Benutzer das Programm leicht modifizieren. Die beiden Abbildungen zeigen beispielhaft die Batteriespannung resp. die mittlere Batterietemperatur. Simuliert wurde das Entladen mit einem konstanten Strom, wobei die C-Rate ein Mass für die Höhe des Entladestromes ist.



Marcel-David Zwahlen
m.zwahlen94@gmail.com



Simulierter zeitlicher Verlauf der Batteriespannung beim Entladen mit verschiedenen C-Raten



Simulierter zeitlicher Verlauf der mittleren Batterietemperatur beim Entladen mit verschiedenen C-Raten