

VALERIE

Vibrationsanalyse von Lithium-Ionen Batterien

Ein Projekt finanziert im Rahmen der 9. Ausschreibung
des Programms **Mobilität der Zukunft**
Fahrzeugtechnologien

Kurzfassung:

Im Sondierungsprojekt VALERIE wurden mechanische Parameter von wiederaufladbaren Lithium-Ionen Batterie Zellen im Betrieb mittels verschiedener zerstörungsfreier Messmethoden ermittelt und diese erfolgreich mit Parametern wie Lade- und Gesundheitszustand korreliert. Weiters wurde die Anwendbarkeit zur Batteriediagnostik auch in der Anwendung bestätigt.

Mobilität der Zukunft

Kontaktdaten:

Projektleitung: AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Center for Low-Emission
Transport
Giefinggasse 4, 1210 Wien
DI Hartmut Popp, MSc & Markus Koller, MSc
hartmut.popp@ait.ac.at | 050550-6328 | <https://www.ait.ac.at/>



Projektpartner: Technische Universität Graz, Institut für Elektrische Sensorsysteme
Inffeldgasse 10/II, 8010 Graz
Prof. Dr. Alexander Bergmann & DI Reinhard Klambauer
alexander.bergmann@tugraz.at | 0316-873-3340 |
<http://www.ies.tugraz.at/>



Mobilität der Zukunft

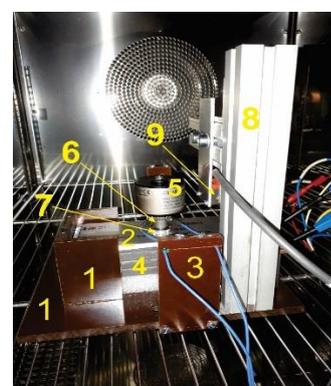
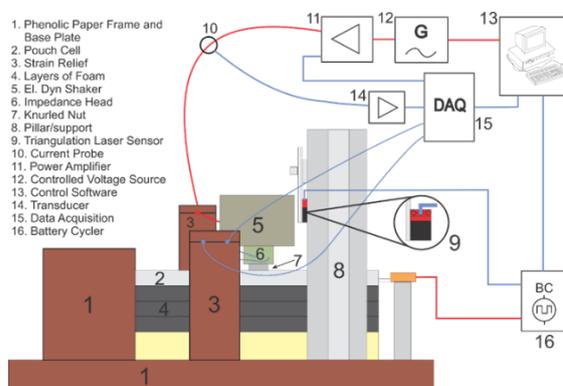
Forschungsfrage und Vorgehensweise

Parameter wie z.B. der Ladezustand (SOC, von engl. State of Charge) einer wiederaufladbaren Lithium-Ionen-Batterie (LIB) werden derzeit meist aus Messungen des elektrischen 2-Pol-Verhaltens bestimmt. Nachteilig können hierbei die mangelnde Genauigkeit, die hohe Komplexität sowie die lange Dauer der Messung sein. Mittels Bestimmung der mechanischen Parameter der Zelle ist jedoch eine Berechnung des Zellzustands ebenfalls möglich und einige der oben genannten Nachteile können so reduziert werden. Dies wurde im Projekt VALERIE mittels der mechanischen Schwingungsanalyse (FRF, von engl. Frequency Response Function) bzw. des Laufzeitverfahrens (ToF, von engl. Time-of-Flight) realisiert. Ziel war es eine zuverlässige Diagnostik zu entwickeln, die zerstörungsfrei während des Betriebes die mechanischen Parameter der Zelle ermittelt.

Dazu wurde die in anderen Disziplinen bewährte Methode der FRF auf Batteriezellen mit weichem Gehäuse umgelegt. Nachdem die Vortests erfolgreich waren, wurden die Werte anhand einer Prüfmatrix ermittelt und mit konventionell erhobenen Werten erfolgreich korreliert. Weiters wurde die Anwendbarkeit in praxisnahen Aufbauten getestet und eine Miniaturisierung mittels Erhöhung der Frequenzen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden durch eine begleitende Finite-Elemente Simulation der Aufbauten untermauert.

Projektergebnisse

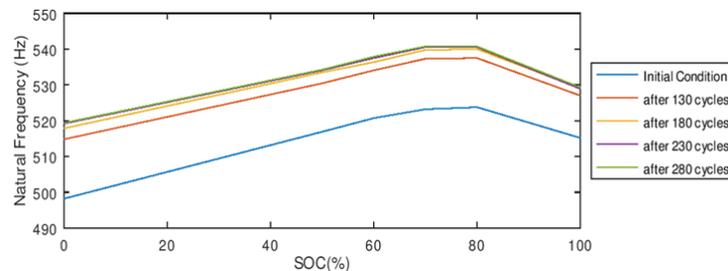
Die Theorie zur Anwendbarkeit der FRF und ToF bei LIB ist, dass sich die Aktivmaterialien von Anode und Kathode während des Betriebs durch chemische Prozesse verändern und diese Änderungen sich auf die mechanischen Eigenschaften der Zelle auswirken. Nachstehende Abbildung zeigt einen für VALERIE entworfenen Versuchsaufbau zur Bestimmung der FRF und gleichzeitig der Dehnung einer Pouchzelle. Die Zelle wird dabei mechanisch in Schwingung versetzt und ihre Antwort, die FRF, gemessen.



Skizze vollständiger Prüfaufbau (links). Foto des (Teil)Prüfaufbaus im Klimaschrank (rechts).

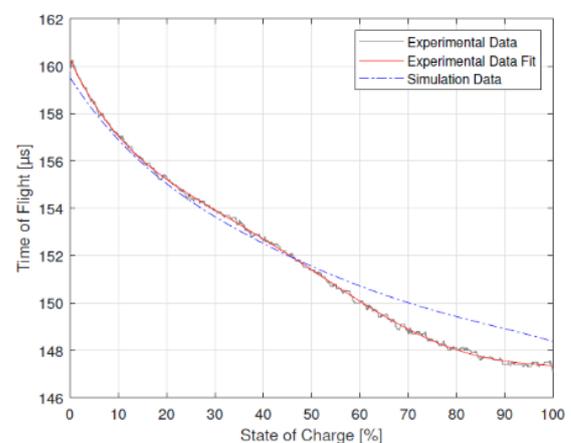
Mobilität der Zukunft

Mit dieser Methode konnte sowohl eine Abhängigkeit von- und externe Messbarkeit des SOC sowie auch des SOH nachgewiesen werden. Nachstehende Abbildung zeigt die Änderung der Amplitude der FRF über den SOC für verschiedene SOH.



Eigenfrequenz über SOC bei fortschreitender Alterung der Zelle.

Zusätzlich war ein Ziel die Miniaturisierung der Methode, um diese auf die Möglichkeit eines Einsatzes in realen Anwendungen z.B. im BMS zu überprüfen. Dazu wurde die mechanische Anregung und Messung auf Piezo- Aktuatoren und Sensoren umgestellt, da diese verhältnismäßig klein und kostengünstig sind. Zusätzlich wurde eine eigene Elektronik zur Anregung und Messung der ToF entwickelt (beides in nachfolgender Abbildung ersichtlich). Um die Plausibilität der Messungen zu überprüfen, wurde auch ein mathematisches Finite Elemente- Modell erstellt, bei dem die ToF simuliert wurde. Nachstehende Abbildung zeigt, dass die gemessenen Werte weitgehend denen aus der Simulation entsprechen. Die ToF ändert sich kontinuierlich über den SOC der Zelle und bewegt sich dabei im Bereich von 148-160 μ s. Dies ist messtechnisch gut zu erfassen. Zusätzlich konnte die Schaltung sehr einfach mit Kosten im einstelligen Eurobereich realisiert werden. Somit könnte die Methode künftig in BMS zur Anwendung kommen. Folgeprojekte sind bereits in der konkreten Diskussion.



Entwickelte Schaltung und LIB Zelle mit Sensoren für ToF Messung (links); Resultate der ToF Messung und Erwartungswerte aus der Simulation (rechts).

Mobilität der Zukunft

Projektergebnisse Zusammenfassung

- Korrelation von FRF und ToF mit SOC und SOH reproduzierbar ermittelt, jedoch nicht eindeutig für alle Betriebszustände in einer Anwendung.
- Die ToF- Messung konnte sehr einfach realisiert werden.
- FRF funktioniert auch bei Aufbauten mit starrem Gehäuse. Es wurde an einer prismatischen Zelle mit massivem Metallgehäuse erfolgreich getestet → die Methode sollte also auch auf Module bzw. Batteriesysteme umlegbar sein.
- Finite-Elemente (FE)-Simulation der Zelle im Mikro- und Makrobereich, sowie auf Partikel- und Zellebene wurde erfolgreich durchgeführt.
- Ein kombinierter Dilatometrie- und FRF- Prüfstand wurde aufgebaut.