

Kurzfassung der Dissertation

Alterungsuntersuchungen an Li-Ionen Zellen für Hybridfahrzeuge – Entwicklung eines Testzentrums, statistische Untersuchungen und Alterungsmodellierung

Aging Investigations of Li-Ion Cells for Hybrid Electrical Vehicles – Development of a Test Centre, Statistical Investigations and Modeling of the Aging Effects

Dipl.-Ing. Manuel Fischnaller
Ehemals Forschungsgruppe Kfz-Elektronik
Ruhr-Universität Bochum

Die Forschung und Entwicklung von Hybrid- und Elektrofahrzeugen beinhaltet neben der Auslegung des elektrischen Bordnetzes vor allem die Untersuchung des elektrischen Energiespeichers. Für den Einsatz als Speichermedium im Kraftfahrzeug bieten sich verschiedene Energiespeichertechnologien an. Aufgrund der hohen speicherbaren Energiemenge bei gleichzeitig hoher Entlade- und Ladeleistung ist die Li-Ionen-Technologie der bestmögliche Ansatz.

Durchgeführte Untersuchungen an Energiespeicher zeigen die erreichbare Leistungsfähigkeit des Speichers und erlauben eine Modellierung des aktuellen Verhaltens mit hoher Genauigkeit. Die Energiespeichermenge, die Lade- und Entladeleistung sowie die Sicherheit der Li-Ionen Zellen konnten durch Optimierung der Zellchemiezusammensetzungen sowie des Aufbaus optimiert werden und sind heutzutage marktfähig. Lediglich das nicht umfassend erforschte Alterungsverhalten hemmt die Markteinführung des Speichers in Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Die noch nicht ausreichenden Kenntnisse des alterungsabhängigen Zellverhaltens stellt im Bezug auf Lebensdauer, Reichweitenschätzung, Serviceintervallen und Gewährleistungskosten ein entsprechendes Hindernis dar.

Die gesamtheitliche Untersuchung des Alterungsverhaltens ist durch Einzeluntersuchungen in einer Multi-Abhängigkeitsanalyse möglich. Die Variation der Alterungseinflussgrößen über einen Parameterraum erlaubt die Bestimmung ihrer Wirkung auf das Zellverhalten. Zur Durchführung von Untersuchungen ist ein flexibles Testzentrum für Einzel-Zell-Untersuchungen nötig, welches durch statisch repräsentative Untersuchungen die Ermittlung der Einflussgrößen ermöglicht.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein Testzentrum für 60 Einzel-Zelluntersuchungen entwickelt. Die Einzel-Zelltester können hierbei Lade- und Entladeströme bis zu 300A mit hoher Dynamik ($t_{an} < 100\mu s$) und Genauigkeit bei gleichzeitig hoher Messauflösung erzeugen. Das Testzentrum wird automatisiert gesteuert und ist durch ein mehrschichtiges Sicherheitskonzept in Hard- und Software auf den Dauerbetrieb für Langzeituntersuchungen ausgelegt. Mit Hilfe der statistischen Versuchsplanung wurde ein Versuchsplan zur Ermittlung der Alterungseffekte durch die Einflussparameter ermittelt. Der Versuchsplan wurde an 60 Zellen mit einer Kapazität von 6,5Ah durchgeführt. Die Gesamt-Versuchsdauer betrug ohne nennenswerte Unterbrechungen 13 Monate.

Die Ergebnisse der Untersuchungen verdeutlichen die Effekte der Alterungseinflussgrößen Ladezustand, Entladetiefe, Temperatur, Strom sowie des gekoppelten Einflusses von Entladetiefe und Strom auf die Zellparameter Kapazität und Innen-Widerstand. Die stärksten Alterungseffekte auf beide Parameter sind durch die Temperatur und den gekoppelten Effekt von Entladetiefe und Stromstärke gegeben. Die erzielten Ergebnisse ermöglichen die Entwicklung eines Alterungsmodells. Hierzu wird ein zeitbasiertes Modell um eine mehrdimensionale Alterungseinflussmatrix erweitert.

Mit unabhängigen Verifikationsprofilen konnte die erzielte Modellierungsqualität bestimmt werden. Der Vergleich zwischen Simulation und Messung zeigt eine geringe Abweichung bei der Bestimmung der Parameter Kapazität und Innen-Widerstand sowie der Zellspannung für Langzeituntersuchungen.

Die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse werden bereits bei einem Kfz-Hersteller zur Auslegung des elektrischen Antriebsstranges verwendet.