

Alterungsoptimierte Batteriebewirtschaftung mithilfe von Open-Source-Simulation

Studiengang: Master of Science in Engineering | Vertiefung: Energy and Environment
Betreuer: Prof. Dr. Andrea Vezzini
Experte: Ueli Kramer (SBB AG)
Industriepartner: SBB AG, Bern

Die SBB hat sich zum Ziel gesetzt, ihre Rangier- und Baustellenlokkflotte auf emissionsarme Alternativen umzurüsten, oder durch solche zu ersetzen. In Zukunft werden daher vermehrt auch Loks mit Traktionsbatterien auf dem Schienennetz verkehren. Mithilfe einer im Rahmen dieser Arbeit entwickelten, semi-empirischen Batteriesimulation wurde der Einfluss von unterschiedlichen Betriebsstrategien auf die Alterung von zukünftig eingesetzten Batteriespeichersystemen untersucht.

Ausgangslage:

Dank Loks mit integrierten Batteriespeichersystemen soll in Zukunft ein emissionsarmer Rangier- und Baustellenbetrieb auf nichtelektrifizierten Streckenabschnitten gewährleistet werden. Das derzeitige Antriebskonzept sieht vor, dass die Batteriespeicher der Loks über die Fahrleitung geladen werden können. Durch die Anbindung an das Energieversorgungsnetz der SBB, lassen sich die Speicher, nebst der primären Anwendung als Traktionsbatterien, auch für sekundäre Anwendungen, wie das Schneiden von Lastspitzen, nutzen. Sowohl die primäre als auch die sekundäre Nutzung lässt die Speichersysteme altern. Ziel dieser Arbeit war es, die Alterung durch unterschiedliche Betriebsstrategien zu quantifizieren und zu optimieren. Darüber hinaus wurde der Alterungseinfluss von netzdienlichen Speicheranwendungen, wie dem Schneiden und Glätten des Gesamtlastprofils, analysiert.

Vorgehen:

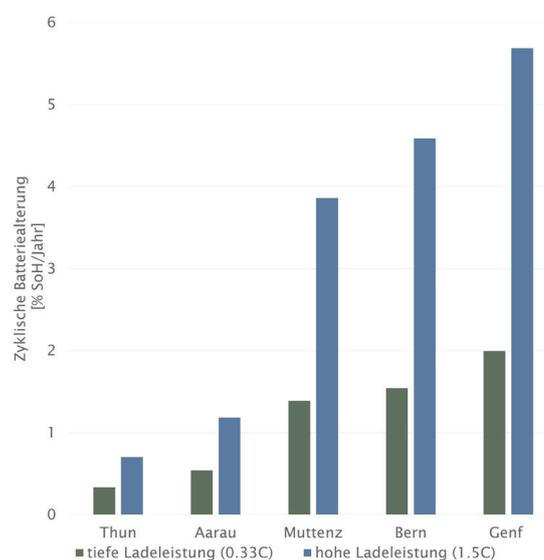
Die bestehende Simulationsumgebung wurde mithilfe objektorientierter Programmierung in Python soweit angepasst, dass sich Lithium-Ionen-Batterien unterschiedlicher Zellchemie simulieren lassen. Um die Degradation beschreiben zu können, berücksichtigt die Simulation verschiedene Stressfaktoren, welche die Zellalterung anhand der derzeitigen Batterienutzung beschreiben. Als Grundlage dazu dienen historische Messdaten von unterschiedlichen Zelltypen. Der derzeitige Rangierbetrieb konnte anhand von aufgezeichneten Messdaten auf den Fahrzeugen nachvollzogen werden. Ausgehend von den Messdaten wurden Lastprofile für zukünftige Speichersysteme erstellt, wobei zwischen nichtelektrifizierten und elektrifizierten Streckenabschnitten unterschieden wurde. Mithilfe der Lastprofile und der Simulationsumgebung konnte die Alterung der Speichersysteme, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bewirtschaftungsstrategien, simuliert werden.

Resultate:

Die Simulationsumgebung wurde weiterentwickelt und erlaubt die Simulation von unterschiedlichen Lithium-Ionen-Zelltypen. Der modulare Aufbau und die öffentliche Verfügbarkeit des Quellcodes erlauben einen Einsatz der Simulationsumgebung in unterschiedlichen Projekten. Bei der Simulation der einzelnen Bewirtschaftungsstrategien zeigte es sich, dass eine tiefe Ladeleistung und eine Reduktion des Ladezustands (SoC = State of Charge) der Speicher bei abgestellten Fahrzeugen einen positiven Einfluss auf die Alterung des Speichers haben. Beides liesse sich bei den Speichern gemäss der derzeitigen Flottennutzung betrieblich realisieren. Der netzdienliche Speichereinsatz würde zu zusätzlicher Speicherdegradation und damit zu weiteren Kosten führen. Anhand der Simulationsergebnisse lassen sich diese Kosten dem Nutzen, der für das SBB-Energiennetz entsteht, gegenüberstellen.



Marco Beyeler
marco-beyeler@gmx.ch



Zyklische Batteriealterung an Standorten mit unterschiedlicher Nutzung (NMC-Zellen)