

## Simulation und Messung eines Hybridsystems aus Natrium-Nickelchlorid- Batterie und Lithium-Titanat-Batterie

In diesem Bericht werden Messung und Simulation eines Batterie-Hybridsystems aus einer Lithium-Titanat-Batterie (LTO-Batterie) und einer Natrium-Nickelchlorid-Batterie (Salz-Batterie) behandelt. Im Optimalfall erhöht ein solches System die Effizienz gegenüber einzelnen Batterien. Das Hybridsystem wurde ausgemessen, um dessen Verhalten zu analysieren. Diese Messungen zeigten, dass die LTO-Batterie die komplette Last übernimmt, bis sie beinahe komplett entladen ist. Die Salz-Batterie stellt erst danach Leistung zur Verfügung und zieht zusätzlich Leistung für deren Heizung von der LTO-Batterie. Dieses Verhalten entspricht nicht dem Optimalfall und erschwert einen Einsatz des Hybridsystems, in dem die Salz-Batterie die Grundlast abdeckt und die LTO-Batterie Stromspitzen übernimmt.

Für effektivere Analysen des Systems wurde ein Simulationsmodell der einzelnen Batterien und, daraus resultierend, ein Modell des Hybridsystems erstellt. Um die für die Simulation notwendigen Lade- und Entladeprofile der LTO-Batterie zu erhalten, wurden diese einzeln ausgemessen. Anhand dieser Daten und den Datenblattangaben wurden danach jeweils die Simulationsmodelle der einzelnen Batterien erstellt. Diese Modelle wurden zusammengeschlossen, um das Simulationsmodell des Hybridsystems zu erhalten.

Die Genauigkeit der einzelnen Batteriesimulationen im PLECS® liegt in Relation zu den momentanen Spannungswerten in einem Bereich von 0.05 bis 0.83 Prozent. Bei den gemessenen Strömen deuten diese Werte auf eine hohe Genauigkeit der einzelnen Simulationsmodelle hin.

Bei der Simulation des Hybridsystems sind diverse Probleme aufgetreten. So waren die Abweichungen in der Spannung im Vergleich zur Messung mit maximal 6 Prozent über dem angestrebten Wert von 5 Prozent. Auch der Stromverlauf während der Entladung zeigte ein anderes Verhalten als die Messung. Der Übergang zwischen den Batterien bei einer Entladung mit 35 A verlief in der Simulation mit 4 min deutlich schneller als in der Messung (40 min). Als Ursache werden Veränderungen der Innenwiderstände vermutet. Erste Tests mit vom Strom abhängigen Innenwiderständen zeigten bereits eine leichte Verbesserung des Verhaltens. Dieser Ansatz sollte bei künftigen Arbeiten mit diesem Simulationsmodell weiterverfolgt werden.

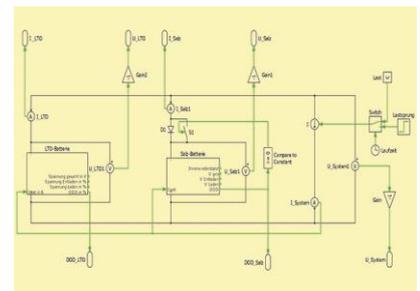


### Diplomierende

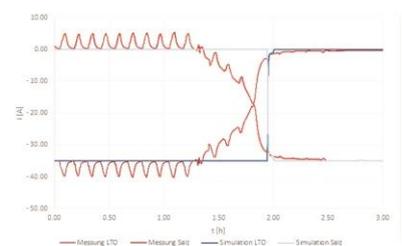
Driton Ferizi  
Sandro Stahel

### Dozent

Andreas Heinzlmann



Simulationsmodell des  
Hybridsystems realisiert in PLECS®



Vergleich der Stromverläufe der  
Messung (rot) und Simulation (blau)  
während der Entladung des  
Hybridsystems mit konstantem Strom