



1 Zellüberreste nach einem Sicherheitstest an einem Batteriepack aus 18650-Zellen.



2 Elektrolytfreisetzung und Brand während eines thermischen Missbrauchs tests einer Lithium-Ionen-Zelle.

SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN AN LI-IONEN-BATTERIEN (LIB) IN DER MILITÄRISCHEN ANWENDUNG

Lithium-Ionen-Batterien (LIB) werden zunehmend wichtig für verschiedene Anwendungen bei der Bundeswehr. Sie zeichnen sich durch ihre hohe Energiedichte aus, besitzen aber ein gewisses Gefährdungspotential. Praxisrelevante Sicherheitstests ermöglichen es, das Verhalten im Störfall und unter Einsatzbedingungen zu evaluieren und einen sicheren Einsatz zu ermöglichen.

Fraunhofer Institut für Chemische Technologie ICT

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
76327 Pfinztal (Berghausen)

Ansprechpartner

Dr. Michael Holzapfel
Telefon +49 721 4640-508
michael.holzapfel@ict.fraunhofer.de

Dr. Michael Abert
Telefon +49 721 4640-658
michael.abert@ict.fraunhofer.de

Dr. Markus Hagen
Telefon +49 721 4640-716
markus.hagen@ict.fraunhofer.de

www.ict.fraunhofer.de

LIB sind für den militärischen Gebrauch nicht mehr wegzudenken und werden in den kommenden Jahren verstärkt andere wiederaufladbare Systeme (Blei, Ni/Cd) ersetzen. Der größte Vorteil ist ihre hohe Energiedichte, die von keinem anderen verfügbaren Batteriesystem erreicht wird. LIB können allerdings ein deutlich höheres Gefährdungspotential für Mensch und Maschine besitzen.

Wir führen Sicherheitsuntersuchungen und -tests an verschiedenen Typen von Lithium-Ionen-Zellen bzw. -Batterien für militärische Anwendungen durch und beschäftigen uns seit einigen Jahren intensiv damit, Gefahrenschwerpunkte aufzuzeigen und Gegenmaßnahmen zu entwickeln. Im Falle von LIB verhalten sich spezifische

Energiedichte und intrinsische Sicherheit umgekehrt proportional zueinander. Die Bundeswehr setzt ausschließlich qualitativ hochwertige Systeme ein, dadurch ist es in der Nutzung bisher zu keinen nennenswerten sicherheitsrelevanten Vorkommnissen gekommen. So zeigen erst Beschuss- und Missbrauchsversuche das Gefährdungspotential dieser Batterietechnologie auf.

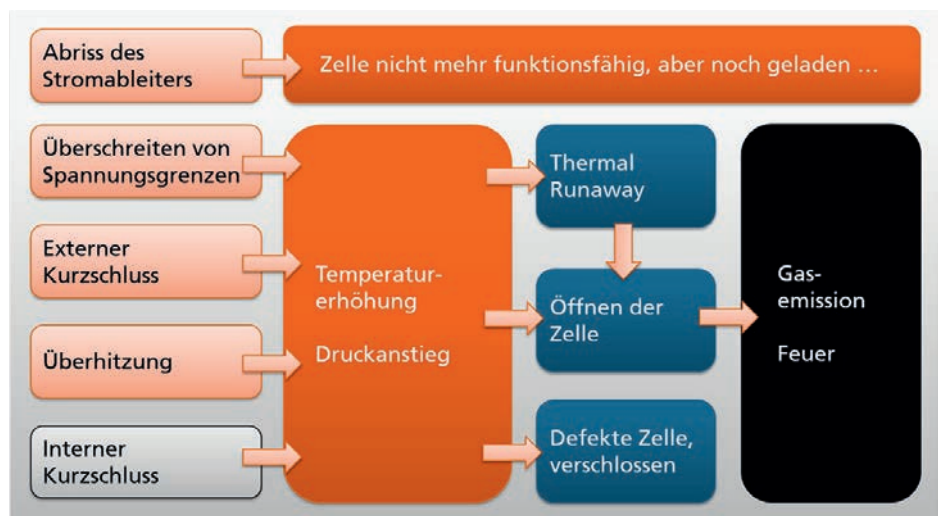
Im Störfall kann die in der Zelle gespeicherte Energie schlagartig unter Feuerentstehung freigesetzt werden (Thermal Runaway, TR). Ein TR kann sich unter Umständen schnell von einer auf alle Zellen einer Batterie kettenartig ausbreiten (Propagation). Wir führen praxisrelevante Sicherheitstests



an allen verwendeten und auch möglichen zukünftigen LIB der Bundeswehr durch. Hierzu zählen vor allem thermische Überlastung, Überladung, Überentladung, äußere Kurzschlüsse, mechanische Einwirkung von außen und vieles mehr, um so auch die besonderen Einsatzszenarien in einer militärischen Anwendung abzubilden. LIB mit den Kathodenmaterialien NCA (Ni-Co-Al-Oxid) und NMC (Ni-Mn-Co-Oxid) werden in der Regel am kritischsten bewertet. Hier bildet sich im Störfall frühzeitig ein TR aus und es kommt zur Propagation. Zellen mit LiFePO₄ als Kathodenmaterial (LFP) zeigen deutlich höhere intrinsische Sicherheit. Es kann sich auch hier ein TR ausbilden, eine Propagation ist jedoch deutlich unwahrscheinlicher. Im Falle von z.B. Unterwasser-Anwendungen ist dies von größter Wichtigkeit, da im Störfall kein Entkommen möglich ist. Aber auch in Landanwendungen muss verhindert werden, dass z.B. aufgrund eines Granatsplitters ein gesamtes Waffensystem außer Betrieb gesetzt bzw. zerstört werden kann.

Daneben ist es wichtig, mögliche von Batterien beim TR freigesetzte Stoffe auf ihre Zusammensetzung zu untersuchen, da meist auch toxische, korrosive und brennbare Bestandteile wie Kohlenmonoxid, Fluorwasserstoff, Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe enthalten sein können. Diese Ergebnisse sind vor allem für Anwendungen mit begrenztem Bauraum wichtig.

Darüber hinaus können produktionsbedingte Fehler oder solche in den elektronischen Schaltungen nicht gänzlich ausgeschlossen



Mögliche Ausfallursachen an Lithium-Ionen-Zellen.

werden. Daher untersuchen wir auch konstruktive Maßnahmen, um die Auswirkungen eines TR weitgehend abzumildern und eine Propagation zu verhindern. Hierzu zählen:

- die Entwicklung von sogenannten »eigensicheren« Zellen, die mit aufwendigen Methoden einen möglichen TR im Zellinneren verhindern
- Möglichkeiten der Isolierung der Einzelzellen
- der Einsatz wärmeabsorbierender Materialien
- konstruktive Maßnahmen zur gezielten Abführung der Reaktionswärme im Falle eines TR

Vor allem eine Lösung mit einer intrinsisch sicheren LIB hätte den Vorteil, dass die Sicherheit eines Batteriemoduls nicht mit aufwendigen Maßnahmen gewährleistet werden muss. Diese Technologie steckt noch in den Kinderschuhen, wird aber von uns aufmerksam verfolgt und evaluiert.

- 3 Propagationstest mittels Überladung an zwei geladenen LFP-Zellen (vor dem Test).
- 4 Propagationstest mittels Überladung an zwei geladenen LFP-Zellen (nach dem Test). Es zeigt sich, dass die passive Zelle (links) durch den Thermal Runaway der überladenen Zelle nicht selbst in Brand gerät.
- 5 Zellinterne Kurzschlussstelle.