

1 *Crashsimulation eines Aufpralltests an Heckrahmen mit einem Batteriepack zur Optimierung der Schutzmaßnahmen.*

2 *Druckversuch an prismatischen Zellen zur Bewertung der Crashsicherheit und zur Kalibrierung von numerischen Modellen.*

CRASHSICHERHEIT VON BATTERIEN UND GESAMTEN BATTERIESYSTEMEN

Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität

Batterie und Range Extender

Sprecher:

Dr.-Ing. Alexander Olowinsky

Kontakt:

Dr. Dong-Zhi Sun

Fraunhofer IWM

Telefon +49 761 5142-193

Telefax +49 761 5142-410

dong-zhi.sun@iwm.fraunhofer.de

www.elektromobilitaet.fraunhofer.de/crashbat

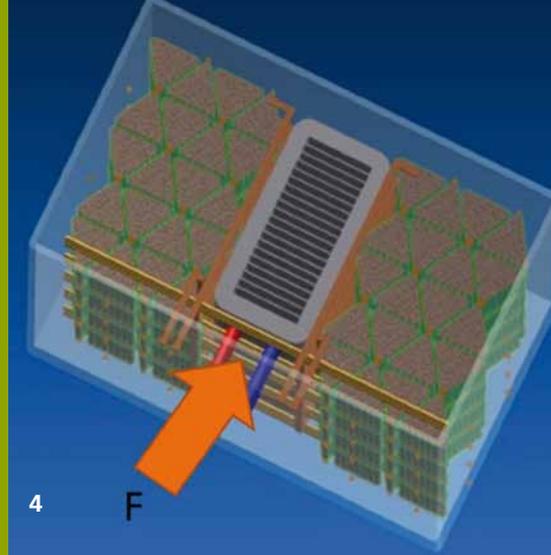
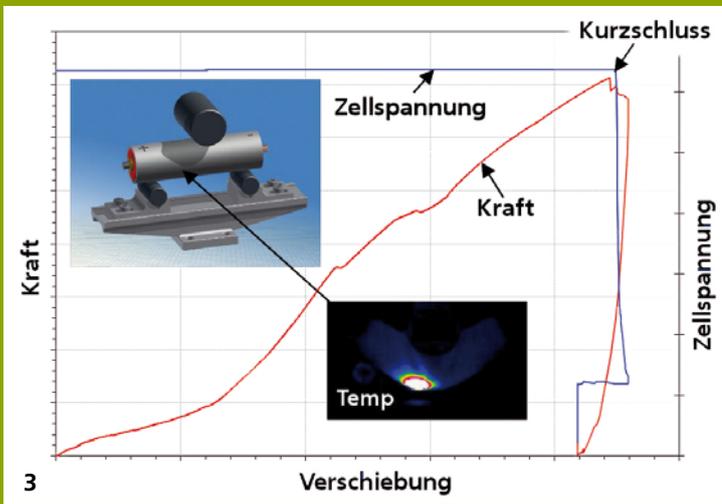
Anforderungen an Batterietests

Bislang gibt es nahezu keine Daten zum mechanischen Verhalten von Lithium-Ionen-Batterien unter crashrelevanten Belastungen. Die in verschiedenen Normen vorgesehenen Tests zur Crush-, Intrusions- und Impaktsicherheit von Zellen haben nur begrenzte Relevanz für die Bewertung der Batteriesicherheit in einem Elektroauto. Zum Beispiel tritt die scharfe Beanspruchung, die beim Penetrationstest mit einem spitzen Stab ($D = 3 \text{ mm}$ für Zelle nach SAND2005-3123) realisiert wird, im Zusammenhang mit Fahrzeugsicherheit selten auf. Dagegen sind die mechanischen Beanspruchungen beim Crush- und Drop-Test nach SAND2005-3123, ISO DIS 12405-1 wieder zu niedrig.

Die fehlende Kenntnis über das mechanische Verhalten einzelner Zellen führt zu extrem konservativen Crashauslegungen aktueller Elektrofahrzeuge. Die daraus resultierende Gewichtshöhung verkürzt die ohnehin recht limitierte Reichweite.

Prüfmethode (mechanisch, elektrisch und thermisch gekoppelte Charakterisierung von Zellen)

Die Zerstörungsprüfung von Lithium-Ionen-Zellen stellt eine neue sicherheitstechnische Herausforderung dar. Am Fraunhofer IWM wurde ein optimierter Prüfstand mit Schutzkammer eingerichtet. Bei den darauf durchgeführten Versuchen wurden neben den mechanischen Größen (Verformung und Kraft) zusätzlich die Zellspannung und Zelltemperatur aufgezeichnet (Bild 3).



Deformation und Kurzschluss

Bemerkenswert ist, dass trotz der unterschiedlichen Zell- und Belastungsarten derselbe Zusammenhang zwischen dem mechanischen und dem elektrischen Verhalten zu erkennen ist. Beim ersten großen Abfall der Kraft bricht auch die Zellspannung zusammen. Der elektrische Kurzschluss ist eine Konsequenz einer mechanischen Instabilität, die durch einen starken Lastabfall gekennzeichnet ist. Der Kurzschluss der Zelle ist sicherlich auf einen Bruch des Separators zurückzuführen.

Versagensmodellierung von Zellen

Zur Vorhersage des Versagens von Zellen z. B. des Kurzschlusses unter Crashbelastung können numerische Simulationen mit Detail- oder Ersatzmodellen einen wesentlichen Beitrag liefern. Da die Versagensmechanismen von Zellen nicht nur von ihrem Strukturaufbau sondern auch von der Belastung, z. B. Penetration, Stauchung oder Biegung abhängig sind, muss man bei der Modellierung die Einflüsse der Mehrachsigkeit und Dehnrate auf die Schädigungsentwicklung berücksichtigen. IWM ist in der Lage, auf Basis einer Grundcharakterisierung das Versagensverhalten von Zellen unter Crashbelastung zu berechnen.

Bewertung der Crashesicherheit eines Batteriesystems

Die Schwierigkeit bei der Ermittlung von mechanischen Eigenschaften eines Batteriesystems liegt darin, dass neue Batteriepacks für Elektrofahrzeuge komplexe Strukturen mit Batteriezellen, Kühlelementen und verschiedenen Komponenten aus Leichtbauwerkstoffen haben und die erforderliche Charakterisierung und Modellierung der einzelnen Komponenten technisch anspruchsvoll sind. Im IWM stehen spezifische Versuchsanlagen z.B. für crashartige mehrachsige Belastung und verifizierte Simulationen mit komplexen Werkstoff- und Versagensmodellen für die Bewertung von Komponentensicherheit zur Verfügung. Als Beispiel zeigt Bild 1 das berechnete Verformungs- und Versagensverhalten von Heckrahmen, Crashboxen und Stoßfänger während eines Aufpralltests.

Unser Angebot

- Charakterisierung des Verformungs- und Versagensverhaltens von Zellen
- Mechanische Charakterisierung und Modellierung einzelner Werkstoffe (Separator und Elektroden)
- Optimierung von Zellstrukturen aus Sicht der Betriebs- und Crashesicherheit
- Erstellung von Detail- und Ersatzmodellen für Festigkeitsanalysen oder Crashsimulation von Zellen mit Modellierung des Versagens und des Kurzschlusses
- Prüfung und Modellierung der Crashesicherheit von Schutzgehäusen und Batteriesystemen
- Prüfung und Crashsimulation von verschiedenen Komponenten in der Umgebung von Batteriepacks

3 Kraft- und Zellspannungsverlauf eines Biegeversuchs an einer zylindrischen Zelle.

4 Crashbewertung eines Batteriesystems mit einem Gehäuse aus verschiedenen Leichtbauwerkstoffen (Kunststoffe, FVK mit metallischen Versteifungs- und Verbindungsknoten).