

Informationsblatt

Ursachen für plötzliche und
unkontrollierte Entladung

Mechanische Beschädigung der Batterie bzw. Zelle

Durch die Verformung einer Zelle oder das Eindringen eines Fremdkörpers in die Zelle kann es zu einer Beschädigung des Separators, das ist die innere Trennschicht zwischen Anode und Kathode, und damit zu einem inneren Kurzschluss kommen.

Überladung der Zelle

Wird die Ladeschlussspannung einer Zelle wesentlich überschritten, so kann die elektrische Energie nicht mehr in chemische Energie umgesetzt werden, was anfangs zur Erwärmung der Zelle führt. Wird die Batterie weiter geladen, steigt die Reaktivität in der Zelle an und gleichzeitig kann es zum Versagen bzw. Schmelzen des Separators kommen. Der daraus wiederum folgende innere Kurzschluss führt, aufgrund des höheren elektrochemischen Potentials sowie der Wärme in der Zelle, zu einer sehr heftigen Reaktion. Die Überladung soll normalerweise durch elektronische Schutzmaßnahmen des Batteriemanagementsystems verhindert werden.

Äußerer Kurzschluss der Batterie oder Zelle

Durch den hohen Stromfluss eines äußeren Kurzschlusses oder auch einer sehr hohen Last erwärmen sich einzelne oder mehrere Zellen in der Batterie. Auch diesem Verhalten versucht man mit verschiedenen Sicherheitseinrichtungen entgegenzuwirken. Kommt es trotzdem zu einer kritischen Erwärmung, kann es auch in diesem Falle zu einem inneren Kurzschluss kommen.

Thermische Einwirkungen

Zu thermischen Einwirkungen auf die Zellen kann es durch batterieexterne sowie durch interne Einflüsse kommen. Ein externer Einfluss kann zum Beispiel ein Umgebungsbrand, starke Sonneneinstrahlung oder das Versagen eines Kühlsystems sein. Ein innerer Einfluss ist meist Folge einer sogenannten Propagation. Darunter wird die thermische Ansteckung von Nachbarzellen verstanden. Nach dem Versagen einer einzelnen Zelle und der damit einhergehenden Überhitzung kommt es durch Wärmeleitung oder aber durch erzwungene Konvektion durch austretende heiße Gasströme zum Versagen des Separators der Nachbarzellen.

Dendritenbildung

Durch die chemische Alterung der Zellen, die vor allem durch Tiefentladungen beschleunigt wird, kann es dazu kommen, dass sich das Lithium in der Zelle nicht mehr gleichmäßig verteilt. Dadurch kommt es punktuell zum Kristallwachstum metallischen Lithiums. Diese sogenannten Dendriten können den Separator durchstoßen und zu einem inneren Kurzschluss führen.

Der innere Kurzschluss und seine Folgen

Aus den vorangegangenen Ausführungen zeigt sich, dass es in allen Fällen zu einem inneren Kurzschluss der Zelle kommt. Der innere Kurzschluss führt zu einer sehr hohen Leistung in der Zelle. Durch die schnelle Erwärmung und durch chemische Reaktionen kommt es zur unkontrollierten Zersetzung der Stoffe in der Zelle sowie zu einer raschen Volumenzunahme. Das führt im besten Fall zu einem gezielten Ausströmen der heißen Gase durch vorgesehene Berstöffnungen. Im schlimmsten Fall führt es jedoch durch das Bersten der Außenhülle zu einer Explosion.

Durch die hohe Temperatur der Gase und austretenden Funken und Flammen kommt es in vielen Fällen zur Entzündung der Gase. Das geschieht auch, falls die Gase kontrolliert durch die vorgesehene Berstöffnung entweichen. Das Löschen einzelner Zellen ist kaum möglich. Durch aktives Kühlen kann lediglich die Propagation von Zelle zu Zelle oder von Modul zu Modul verhindert werden.

Gefahren durch austretende Stoffe

Während der Havarie einer Lithium-Ionen-Batterie treten verschiedene Flüssigkeiten, Gase und Feststoffe aus der Batterie aus, die sich unkontrolliert in der Umgebung ausbreiten. Durch den starken Druck, der während einer Havarie auftreten kann, kommt es oft zum Umherfliegen von Gehäuseteilen. Eine weitere Gefahr besteht in der bereits erwähnten Entzündung der austretenden Gase und der damit einhergehenden Entzündung von in der Nähe befindlichen Brandlasten.

Neben den Risiken durch thermische oder mechanische Gefahren ist die Toxizität und Korrosivität der austretenden Gase eine ganz wesentliche Gefahr für die Menschen im Umfeld der Havarie. Bei den in der Zelle befindlichen Elektrolyten handelt es sich meistens um Fluorsalze des Lithiums gelöst in kurzkettigen Kohlenwasserstoffen. Speziell das oft zu findende Lithiumhexafluorophosphat zersetzt sich bereits ab 107 °C zu Lithiumfluorid sowie dem gasförmigen und hochtoxischen Phosphorpen-tafluorid. Das wiederum reagiert in Gegenwart von Luftfeuchtigkeit zu dem ebenso toxischen und hoch korrosiven Fluorwasserstoff. Korrosive Stoffe greifen elektrische und elektronische Geräte an, wodurch hohe Sachschäden entstehen. Des Weiteren werden von der Zelle aromatische Kohlenwasserstoffe und deren teilverbrannte Oxide ausgestoßen, von welchen ebenso ein hohes Risiko für die Gesundheit ausgeht.