

Die Sicherheit von Lithium-Batterien muss in jedem Fall gewährleistet sein. Das gilt nicht nur für den Betrieb, sondern auch für den Transport, die Lagerung und bei einem Unfall, inklusive der Bergung des Unfallfahrzeuges.

Fehlerursachen

- **Lithium-Plating.** Beim Laden und Entladen wandern die Li-Ionen zwischen der Anode und der Kathode hin und her (Schaukelstuhl-Prinzip). Bei ungünstigen Bedingungen, bspw. zu hohem Ladestrom und Überladung, nehmen die Li-Ionen das fehlende Elektron auf und bilden metallisches Lithium. Dieser Vorgang wird Plating genannt. Die Folge ist ein Kapazitätsverlust, kann aber auch zu einer Dendritenbildung und zu einem Kurzschluss führen. Weitere Ursachen sind eine zu tiefe Temperatur und Produktionsfehler.
- **Tiefentladung.** Die Zellenspannung darf nicht unter ca. 1.5 - 2.5 V sinken (abhängig vom Batterietyp). Kommt es durch ein fehlerhaftes Batteriemanagementsystem (BMS), einen Kurzschluss oder durch ein sehr langes Lagern zu einer Tiefentladung, entsteht zuerst ein permanenter Kapazitätsverlust. Im schlimmeren Fall können sich Gase bilden, die zu einer gefährlichen Situation führen.
- **Zu hohe oder zu tiefe Betriebstemperatur.** Tiefe Temperaturen beeinträchtigen den Ionenfluss, was ein Lithium-Plating auslösen kann. Zu hohe Temperaturen können einen Zerfall der aktiven Masse und des Separators bewirken.
- **Thermal Runaway.** Ein sogenannter Thermal Runaway entsteht, wenn die Temperatur unkontrolliert ansteigt und dadurch einen Brand auslöst. Durch die Zersetzung des SEI-Layers, des Elektrolyten und des Separators wird Sauerstoff frei, welcher zu einem ständigen Anstieg der Temperatur führt.

- **Mechanischer Defekt.** Eine Beschädigung kann beispielsweise durch einen Unfall erfolgen, bei dem ein Kontakt zwischen den Elektroden oder ein Kontakt zum Gehäuse bzw. der Karosserie entsteht.
- **Mechanische Ermüdung.** Das ständige Wechseln der Lithium-Ionen zwischen Anode und Kathode, führt zu Volumenänderungen an den Elektroden. Dies kann zu einer Ermüdung der Zellstruktur und damit zu einer Kapazitätsverringerng oder zu einem Ausfall führen.

Schutzmassnahmen

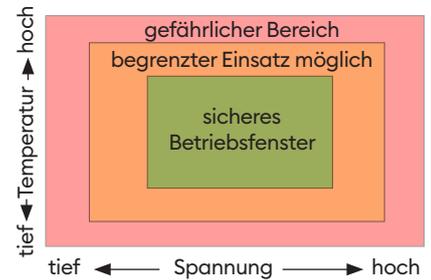
Der Umgang mit Lithium-Batterien erfordert einige Massnahmen, damit keine gefährlichen Situationen entstehen. An erster Stelle steht die Auswahl des richtigen Batterietyps. Die Lithiumbatterie eines Smartphones benötigt beispielsweise einen ganz anderen Materialmix als die Batterie eines Elektrofahrzeuges. Der Batteriehersteller muss zudem auf eine präzise Fertigung achten. Dabei dürfen keine Fremdpartikel in die Zellen gelangen. Ausserdem darf das Schweiessen der einzelnen Zellen keine inneren Beschädigungen bewirken.

Im Fahrzeug sind die Batterien möglichst unfallgeschützt unter dem Insassenraum eingebaut. Die Temperatur, die Spannung und der Strom werden überwacht und nötigenfalls angepasst. Um einerseits der Forschung zu helfen und andererseits dem Autofahrer und dem Werkstattpersonal Sicherheit zu geben, müssen verschiedene Normen eingehalten werden. Für die Homologation ist die Norm UNECE R100 entscheidend. Diese Norm enthält Vorschriften bezüglich Schutz gegen das Berühren von spannungsführenden Teilen, Mindestanforderungen des Isolationswiderstandes und der Vibrationsfestigkeit, Bedingungen an die Temperaturbeständigkeit, sowie Vorgaben an die Festigkeit bei Erschütterungen und mechanischen Einwirkungen.

Weiter müssen die Fahrzeughersteller auch die Vorschriften der Feuerbeständigkeit, des externen Kurzschlussschutzes, des Überladeschutzes und des Tiefentladeschutzes einhalten.

Möglichkeiten des BMS

Die zentrale Aufgabe des Batteriemanagementsystem (BMS) ist der Schutz der Batteriezellen und die Gewährleistung von Lebensdauer und Zyklenzahl. Dazu müssen die Spannung, die Temperatur und der Strom überwacht werden. Mit diesen Werten berechnet das BMS den Ladezustand (State Of Charge) SOC, die Alterung (State Of Health) SOH und die Funktionalität des Autos (State Of Function) SOF.



Das Betriebsfenster ist der Spannungs- und Temperaturbereich, in dem die Batterie sicher betrieben werden kann. Die Werte dürfen weder über- noch unterschritten werden.

In einem Fahrzeug sind mehrere Hundert Zellen in Serie- und Parallelschaltung miteinander verbunden. Das BMS muss dabei alle Zellen kontrollieren, weil die Überhitzung oder Überladung einer einzelnen Zelle zu einem Thermal Runaway der ganzen Batterie führen könnte. Durch eine aufwendige Schaltung - das sogenannte Balancing - sorgt das BMS dafür, dass ein Ladungstransfer zwischen den stärkeren und den schwächeren Zellen stattfindet.

Wenn nötig, kann das BMS den Lade- und Entladestrom begrenzen oder ein Batteriepaket abschalten. Da es über die üblichen Schnittstellen wie CAN-Bus oder Flexray mit dem Fahrzeug verbunden ist, kann auch die Kühlung und damit die Temperatur beeinflusst werden. In Fahrzeugen werden üblicherweise Kühlplatten in der Batterie eingebaut, die von einem Kühlmittel durchflossen werden. Im Sommer genügt jedoch die Aussenluft nicht, um die Wärme der Batterie abzuführen. Die Kühlung ist deshalb mit der Klimaanlage des Autos verbunden oder wird mit einem eigenen Kältekreislauf ausgestattet. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ist dagegen eine Erwärmung nötig, die mit elektrischen Heizelementen realisiert wird.

Eine weitere Aufgabe des BMS ist die Speicherung von wichtigen Daten wie die Zyklenzahl, die maximale und minimale Zellenspannung und die Höhe der Lade- und Entladeströme. Das erleichtert nicht nur die Arbeit in der Werkstatt, sondern dient auch der Entwicklung.

Fehlerarten und deren Ursachen

Produktionsfehler
Dendritenbildung
Fehler am Separator
mechanische Beschädigung

Isolationsfehler
mechanische Verformung

hohe Temperatur
Überladung
Tiefentladung

Alterung
hohe Lade/Entladeströme
tiefe Temperaturen

Alterung
Fehler beim Formatieren
tiefe Temperaturen

