

Die richtige Batteriechemie für Sicherheitsanwendungen in Fahrzeugen

Einleitung

In der Automobilindustrie ist der Trend hin zu immer Elektrifizierung klar erkennbar. Der Einsatz von Start-Stopp-Systemen, Notruf-(eCall-)Telematik und Hybridfahrzeugen verlangt nach fortschrittlichen Batteriemanagementsystemen, die den Akku nicht nur sicher aufladen, sondern auch dessen Lebensdauer verlängern. Am Markt stehen unterschiedlichste Batteriechemien zur Verfügung, was die Auswahl erschwert, wenn für eine bestimmte Anwendung der richtige Akku gefunden und dazu noch sachgerecht aufgeladen werden soll.

Dieser Beitrag beschreibt Lithium-Ionen- (Li-Ionen) und Lithium-Eisen-Phosphat-Chemien (LFP oder LiFePO_4), einschließlich ihrer Eigenschaften und Ladeprofile. Außerdem werden Ladelösungen vorgestellt, die die maximale Energie aus dem Akku herausholen, während seine Lebensdauer und Zuverlässigkeit maximiert wird.

Lithium-Ionen

Die Li-Ionen-Batterie ist eine wiederaufladbare Batterie, in der Lithium-Ionen während der Entladung von der negativen Elektrode zur positiven Elektrode wandern und umgekehrt beim Laden. Sie basieren auf einer interkalierten Lithiumverbindung als Elektrodenmaterial. Das Elektrolyt, das eine Ionenbewegung ermöglicht, und die beiden Elektroden sind die Grundbestandteile einer Li-Ionen-Batteriezelle. Generell bieten Li-Ionen-Batterien eine hohe Energiedichte aber eine geringe Leistung.

Bild 1 beschreibt das Ladeprofil einer Li-Ionen-Batterie, die eine Nennspannung von 3,6 V mit einer oberen Ladeschlussspannung von 4,1 V und einer unteren Ladeschlussspannung von 2,2 V aufweist. Li-Ionen-Zellen müssen genau nach den Herstellerangaben aufgeladen werden, um Zuverlässigkeit und Sicherheit zu gewährleisten. Außerhalb der angegebenen Grenzwerte und des empfohlenen Temperaturbereichs gibt es Einschränkungen beim Laden der Zelle.

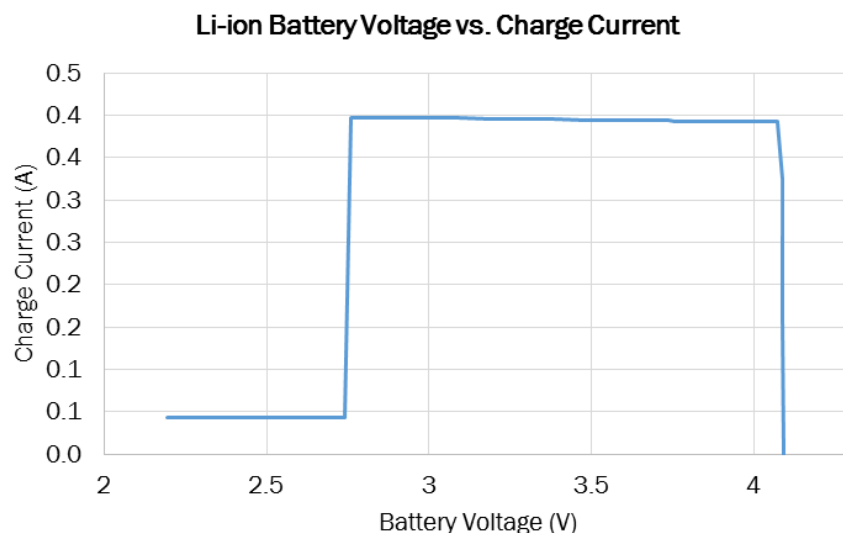


Bild 1: Ladeprofil einer Li-Ionen-Batterie

Zwischen den unteren und oberen Spannungsgrenzwerten empfiehlt es sich, den Ladestrom konstant zu halten und auf den empfohlenen Wert des Herstellers zu beschränken, um Schäden im Akku zu vermeiden.

Unterhalb der unteren Ladeschlussspannung sollte die Batterie mit einem sehr niedrigen Strom geladen werden – meist <10% des Stroms, der zwischen dem unteren und dem oberen Spannungspegel verwendet wird. Dies wird meist als Vorladen der Batterie bezeichnet und für vollständig entladene Akkus empfohlen. Einige Materialien innerhalb des Akkus bauen sich ab, wenn ein längerer Tiefenentladungszustand anhält. Dann wird ein Vorladen empfohlen, damit sich diese Materialien wieder „erholen“ können. Das Vorladen ist auch eine Vorsichtsmaßnahme, die eine Überhitzung verhindert, falls innerhalb der Batterie ein Kurzschluss auftritt, der zu einer niedrigen Zellenspannung führt.

Das Aufladen der Batterie oberhalb der maximalen Ladespannung beeinträchtigt die Batterielebensdauer ebenfalls. Kurze Perioden der Überladung können die Materialzusammensetzung in der Batterie verschlechtern und zu einer geringeren Energiekapazität sowie kürzeren Lebensdauer führen. Längere Überladungsperioden führen dazu, dass sich metallisches Lithium auf der Anode ablagert, während die Kathode CO₂ freisetzt. Dieser Prozess führt letztlich zu einem Batterieausfall und erhöht die Brandgefahr.

Um die Batterielebensdauer zu maximieren, schreiben die Batteriehersteller häufig vor, dass die Aufladung innerhalb eines begrenzten Temperaturbereichs erfolgen soll. Das Aufladen der meisten Li-Ionen-Batterien unter dem Gefrierpunkt kann dazu führen, dass sich metallisches Lithium auf der Anode ablagert. Dies beeinträchtigt die Batterielebensdauer, da das abgelagerte Lithium nicht entfernt werden kann. Wird die Batterie beim Aufladen hohen Temperaturen ausgesetzt, verkürzt sich deren Lebensdauer. Laut der Studie „BU-410: Aufladung bei hohen und niedrigen Temperaturen“, die auf batteryuniversity.com veröffentlicht wurde, können bereits ein paar Zyklen einer Li-Ionen-Batterie zwischen 0% und 100% bei erhöhter Temperatur die Kapazität drastisch reduzieren. In einigen Fällen verringert sich die Batteriekapazität sogar um mehr als 90%.

Eine einfache Möglichkeit, das empfohlene Ladeprofil des Herstellers einzuhalten, ist der Einsatz eines speziellen Lade-ICs. Der ISL78692 ist ein solcher Li-Ionen-/Li-Polymer-Lade-IC. Er sorgt für eine schnelle und sichere Aufladung. Der Baustein sorgt für einen einstellbaren konstanten Ladestrom und ist mit den oberen und unteren Ladeschlussspannungen vorprogrammiert, die für die meisten herkömmlichen Li-Ionen-Batterien als ideal angesehen werden. Er überwacht auch die Zelltemperatur, um sicherzustellen, dass die Batterie nur innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs geladen wird, der sich über einen NTC-Thermistor einstellen lässt.

Lithium-Eisen-Phosphat (LFP)

Die LFP-Batterie ist eine Variante einer wiederaufladbaren Batterie, die auf nanoskaligem LiFePO₄-Material als Kathode basiert. LFP-Batterien weisen eine geringere Energiedichte als andere Lithium-Batterien auf, die für den Einsatz in der Consumer-Elektronik ausgelegt sind. Allerdings bieten sie eine längere Lebensdauer, bessere Leistungsdichte und sind von Natur aus sicherer. Die in der Kathode verwendete Nanophosphat-Technologie erhöht die Kathodenoberfläche, die dem Elektrolyten ausgesetzt ist. Dies ermöglicht eine schnellere Lithiumeinführung, was zu mehr Leistung und einer höheren Strombelastung führt. Diese Funktion macht LFP-Akkus zu einer bevorzugten Wahl beim Austausch von Fahrzeug-Starterbatterien, wo hohe Spitzenleistung benötigt wird.

LFP-Batteriematerialien und die damit verbundenen chemischen Reaktionen sind zudem stabiler als andere Li-Ionen-Chemien. LFP-Batterien tragen daher bei falscher Anwendung weniger Schäden davon. Die chemischen Bindungen innerhalb der Batteriematerialien sind stärker, so dass sie stabiler und beständig gegen extreme Bedingungen sind. Bei Überladung geben sie auch weniger Gase frei. Daher ist es auch weniger wahrscheinlich, dass das Phänomen namens „Vent with Flames“ auftritt, das mit einer Brandgefahr einhergeht. Ihre inhärente Robustheit macht sie zu einer guten Wahl für kleine Backup-Batterien in

Anwendungen, die Sicherheitsbedenken unterliegen. Viele Fahrzeugkomponentenhersteller nennen dies als Hauptgrund, LFP-Zellen häufiger für Automobilanwendungen einzusetzen.

Bild 2 beschreibt das empfohlene Ladeprofil einer LFP-Batterie. Es ist ähnlich der einer Li-Ionen-Zelle. Zu beachten ist jedoch, dass der sichere Ladebereich bei anderen Zellenspannungen vorliegt. Die Erhaltungsnennspannung beträgt 3,2 V; die obere Ladeschlussspannung 3,65 V und die untere Ladeschlussspannung 2,5 V. Wie bei Li-Ionen-Batterien kann die Aufladung einer LFP-Batterie außerhalb der vom Hersteller definierten oberen und unteren Ladungsschwellen nach wie vor kritisch für die Batterielebensdauer sein – wenn auch in viel geringerem Ausmaß. Zwischen diesen Werten sollte der Ladestrom innerhalb des für die jeweilige Zelle empfohlenen Bereichs konstant gehalten werden. In diesem Fall empfiehlt der Hersteller einen Strom zwischen 400 und 500 mA, um maximale Batterielebensdauer zu gewährleisten. Ähnlich wie bei Li-Ionen-Batterien sollte die Aufladung innerhalb des vorgeschriebenen Temperaturbereichs erfolgen.

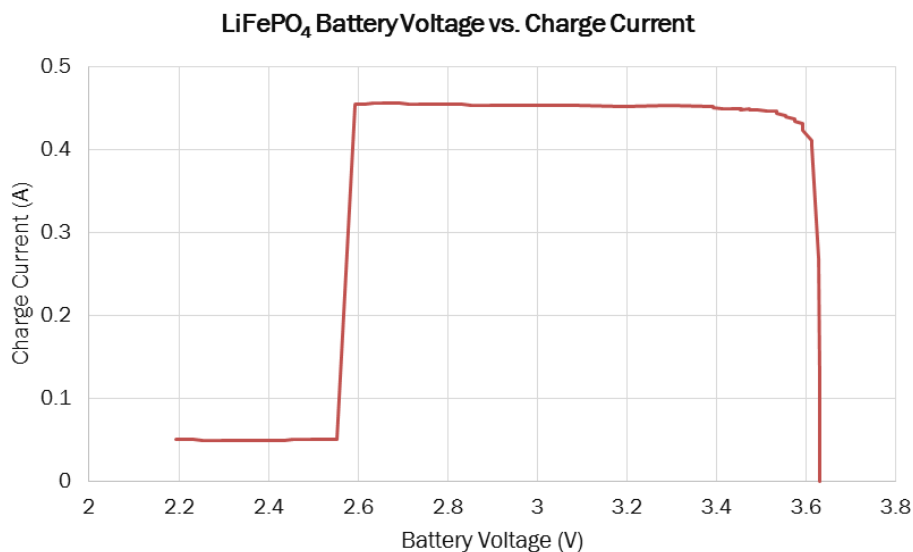


Bild 2: Ladeprofil eines Lithium-Eisen-Phosphat-(LFP-)Akkus

Da in der Consumer-Elektronik aufgrund der erforderlichen höheren Energiedichte generell Li-Ionen- anstelle von LFP-Akkus bevorzugt werden, gibt es auch weniger spezielle Ladelösungen für LFP-Zellen. Allerdings werden angesichts der Einführung von LFP in Automotive-Anwendungen nun neue LFP-Lade-ICs eingeführt. Sie bieten eine einfache Möglichkeit, das empfohlene Ladeprofil für LFP-Batterien einzuhalten. So kann Renesas Einzelzellen-LiFePO₄-Lade-IC ISL78693 für Automotive-eCall-Systeme konfiguriert werden, um das in Bild 2 dargestellte Ladeprofil bereitzustellen. Er verfügt zudem über eine Funktion, die das sichere Laden des Akkus gewährleistet.

Ähnlich wie der ISL78692 bietet der ISL78693 einen einstellbaren Ladestrom und steht vorkonfiguriert mit den unteren und oberen Ladeschlussspannungen zur Verfügung, die für LFP-Akkus ausgelegt sind. Der Baustein bietet auch einen Eingang, der zusammen mit einem NTC-Thermistor das Laden des Akkus in einem begrenzten Temperaturfenster ermöglicht. Der ISL78692 und ISL78693 sind anschlusskompatibel, was einen schnellen Übergang ohne Leiterplatten-Redesign ermöglicht. Li-Ionen-Ladelösungen lassen sich somit schnell auf die LFP-Batteriechemie aufwerten.

Fazit

Die fortlaufende Elektrifizierung unserer Fahrzeuge bietet den Entwicklern völlig neue Auswahlkriterien – beginnend mit der Batteriechemie für die Endanwendung. Während das Ladeprofil einer LFP-Batterie sehr ähnlich zu dem einer Li-Ionen-Zelle ist, liegt der sichere Ladebereich bei unterschiedlichen Zellenspannungen. Wegen der inhärenten Robustheit von LFP-Batterien sind sie eine attraktive Option für kleine Backup-Akkus in eCall-Anwendungen, wenn Sicherheitsbedenken entscheidend sind. Für viele Hersteller von Fahrzeugkomponenten ist dies der Hauptgrund, dass LFP-Zellen häufig für diese Anwendung ausgewählt werden. Automobilhersteller weltweit installieren eCall-Systeme in ihre Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Systeme (V2I). Bei einem Unfall sendet das eCall-System automatisch seinen Standort über GPS und kontaktiert das nächste 24-Stunden-Notrufzentrum, um Hilfe anzufordern.

Referenzen

- [Erfahren Sie mehr über die ISL78693/92](#)
- [ISL78693-Datenblatt](#)

#

About Renesas Electronics Corporation

Renesas Electronics Corporation delivers trusted embedded design innovation with complete semiconductor solutions that enable billions of connected, intelligent devices to enhance the way people work and live—securely and safely. A global leader in microcontrollers, analog, power, and SoC products, Renesas provides the expertise, quality, and comprehensive solutions for a broad range of Automotive, Industrial, Home Electronics, Office Automation and Information Communication Technology applications to help shape a limitless future. Learn more at [renesas.com](https://www.renesas.com)

+1 408-432-8888 | © Renesas Electronics America. All rights reserved. Renesas & Intersil (and design) are trademarks owned by Renesas Electronics Corporation or one of its subsidiaries. All other trademarks mentioned are the property of their respective owners.