

LITHIUM-IONEN-BATTERIEN ALS ELEKTROCHEMISCHE ENERGIESPEICHER IM AUTOMOBIL DER ZUKUNFT

Jürgen FABIAN, Florian PROSSNIGG, Nikolaus HOCHGATTERER

SAMSUNG SDI Battery Systems GmbH, Advanced Development & Cell Technology,
Frikusweg 1, A-8141 Premstätten, Österreich, j1.fabian@samsung.com,
www.samsungsdi.com

Kurzfassung: Der globale Umwelt- und Ressourcenschutz nimmt zukünftig eine immer wichtigere Rolle ein. Dieser Gedanke hat sich in der Zwischenzeit bereits als maßgeblicher Treiber für Innovationen entwickelt. Die Elektromobilität bekommt in diesem Zusammenhang eine besondere Schlüsselposition – als emissionsarme und energieeffiziente Technologie – zugeschrieben. Insbesondere versprechen dabei Lithium-Ionen-Akkumulatoren großes Potential, den technischen Anforderungen einer hohen Energiedichte und langen Lebensdauer gerecht zu werden. Bei einem Hochvolt-Batteriesystem handelt es sich jedoch um ein komplexes Bauteil, welches verschiedene Entwicklungsbereiche in einer Komponente vereint (Elektrochemie, Mechanik, Thermaldesign, Elektrik, Elektronik sowie funktionale Sicherheit). Zudem ist das Batteriesystem hochvernetzt im Fahrzeugantriebsstrang bzw. Fahrzeuggesamtverbund integriert. Wegen der ständig gesteigerten Anforderungen der Fahrzeughersteller ist jede Batterieentwicklung eine neue Herausforderung und weit abseits routinemäßiger Tätigkeiten.

Keywords: Lithium-Ionen, Batteriesystem, Automotive, Elektromobilität

1 Einleitung

Es wird erwartet, dass die Fortschritte in der Automobilbatterietechnologie die Veränderungen bei mobilen Geräten in den vergangenen Jahrzehnten widerspiegeln. Mobiltelefone hatten Anfang der 1990er Jahre die Größe eines Ziegelsteines und die Batterie hielt nur etwa 30 Minuten. Heutzutage sind Mobiltelefone weniger als einen Zentimeter dick und die Batterie hält 8 Stunden oder mehr, bei wesentlich gesteigerter Funktionalität der Geräte. Das Elektrofahrzeug wurde tatsächlich vor dem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor entwickelt, schaffte es aber aufgrund der damaligen ineffizienten Batterietechnologie nicht zur Mainstreamtechnologie auf den Markt.

Hinter der Revolution der Elektromobilität steht die Umstellung von Blei-, Nickel-Cadmium- und Nickel-Metall-Hydrid-Batterien auf Lithium-Ionen-Batterien. Warum? Längere Lebensdauer, höhere Energiedichte und bessere Zuverlässigkeit. Mit dem Fortschreiten der Batterietechnologie führen immer mehr Automobilhersteller neue elektrifizierte Modelle mit Batterien ein. Dies ist ein sicheres Zeichen dafür, dass die Ära der Fahrzeugelektrifizierung neuerlich angebrochen ist.

Basierend auf ausgewählte Designparameter für das gesamte Batteriesystem werden Kriterien für die Batteriezelle (Energie, Leistung, Lebensdauer, Second Life sowie Recycling, Geometrie, Gewicht und Sicherheit), welche das zentrale Element eines Energiespeichers darstellt, ausgewählt. Zur Absicherung der mechanischen und der thermischen Systemkonstruktion werden Simulationen durchgeführt sowie systematische Tests definiert und die erzielten Messergebnisse als Basis für die Systemoptimierung herangezogen. Auf Grund der Neuartigkeit dieser Technologie in der Automobilbranche und der noch unzureichenden Praxiserfahrung wird besonderes Augenmerk auf die sicherheitstechnische Auslegung der spezifischen Batteriesysteme gelegt. Zusätzlich zur funktionalen Sicherheit ist die Kostenoptimierung bezüglich Serienproduzierbarkeit von Komponenten in großen Stückzahlen (Economy of Scale) ein Forschungsfeld hinsichtlich der eingesetzten Prozesstechnologien. Durch technologische Veränderungen auf der Fertigungsebene einschließlich der Fertigungsautomatisierung können die Gesamtkosten für die Batterie gesenkt werden, was die Produktionsgeschwindigkeit und die Erträge erhöht. Die Marktordnung wird im Einklang mit den Produktionsrenditen gestaltet, wenn der EV-Markt wächst – Neueinsteiger mit technologischer Kompetenz in kleineren Größenordnungen werden wahrscheinlich mit Produktionsschwierigkeiten und höheren Herstellungskosten konfrontiert sein.

Die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien ist ein sehr komplexer Prozess, der verschiedene Materialien, Chemikalien, Hardware und Software umfasst und ein höheres Maß an Qualitätskontrolle erfordert. Strenge und konsequente Qualitätskontrolle ist herausfordernd, da fehlerhafte Produkte während der gesamten Verarbeitungskette auf mehr als einen Faktor zurückzuführen sind, wie zum Beispiel fehlerhafte Materialien, fehlerhafte Ausrüstung oder Herstellungsfehler. Neben Standardwerkzeugen für die Automobilindustrie wie FMEA (Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse) und Sub-Supplier-Management-Systemen hat Samsung SDI zusätzlich fortschrittliche interne Prozesse wie das Manufacturing Executing System (MES) entwickelt und installiert, um die höchste Qualität sowie 100% Rückverfolgbarkeit seiner Produkte zu garantieren. So wird jede produzierte Batteriezelle während des Produktionsprozesses an hunderten von Messpunkten überprüft und kann individuell nachverfolgt werden. Dies stellt sicher, dass Kunden während der gesamten Fahrzeuglebensdauer immer Batteriezellen mit der konsistentesten und höchsten Leistungsfähigkeit erhalten.

Ein Batteriepaket, das elektrifizierte Fahrzeuge versorgt, besteht aus einzelnen Batteriezellen und Modulen, die in Reihe und parallel verschaltet sind. Eine Zelle ist die kleinste Einheit einer Batterie, bestehend aus vier Schlüsselkomponenten einschließlich Kathode, Anode, Elektrolyt und Separator. Die Eigenschaften einer Batteriezelle spielen eine zentrale Rolle für die Gesamtleistung von Elektrofahrzeugen. Es gibt verschiedene Formen einer Zelle wie prismatisch, zylindrisch und Polymerzellen, wobei Samsung SDI prismatische Batteriezellen für Automobilanwendungen anbietet. Ein Modul besteht aus mehreren in Reihe und/oder parallel verbundenen Zellen, welche in einer mechanischen Struktur eingeschlossen sind. Das kompakte und stapelbare Design der prismatischen Samsung SDI-Batteriezellen ermöglicht eine einfache Zellmodularität und ist optimal für verschiedene Konfigurationen einsetzbar. Eine Batterie wird zusammengesetzt indem mehrere Module in Serie und/oder parallel mit Sensoren und Reglern, einschließlich Batterie- sowie Thermalmanagement, verbunden werden und dann in einer Gehäusestruktur als ein

endgültiges Batteriesystem eingeschlossen werden, welches spezifisch für jedes Fahrzeugmodell entworfen und konstruiert wird.

Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen im Überblick den Produktentwicklungszyklus eines automotiven Batteriesystems von der Zelle bis zum Batteriepack in Serienfertigung und das dazugehörige markterhältliche Produkt-Portfolio.

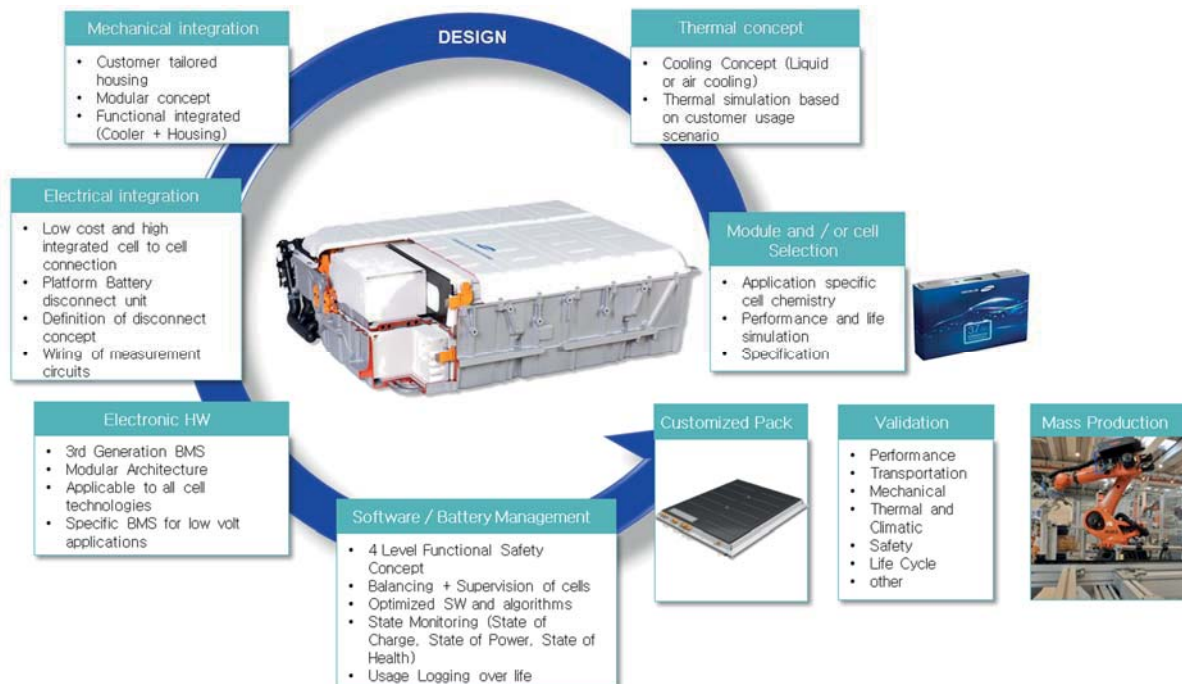


Abbildung 1: Produktentwicklungszyklus eines automotiven Batteriesystems von der Zelle bis zum Batteriepack in Serienfertigung



	12V	48V	PHEV	BEV Pack
	Serial Production	Serial Development	Serial Production	Serial Production (D/C)
Energy Content	0,15 - 0,5 kWh	0,2 - 3 kWh	6 - 18 kWh	36 - 100 kWh
Power	3 - 6 kW	12 - 25 kW	50 - 120 kW	100 - 500 kW
Voltage	12 V	48 V	400 V	400 V / 800 V
Weight	4 - 5 kg	< 10 kg	80 - 210 kg	400 - 600 kg
Cooling	passive	passive / air / liquid	liquid	passive / liquid
First SOP	2013	2018	2013	2010

Abbildung 2: Produktportfolio markterhältlicher Batteriesysteme von SAMSUNG SDI Battery Systems

2 Entwicklung aktueller Energiespeichertechnologien im Automotive Bereich

Samsung SDI entwickelt kompakte, hochleistungsfähige Batteriepakete, welche für die Fahrzeuginstallation optimiert sind und führt verschiedene Projekte mit globalen Automobilherstellern durch. Leichte, langlebige Packs mit Batteriemanagementsystemen, die Leistung, Sicherheit und Langlebigkeit der Zellen gewährleisten, sind entscheidend für die Gesamtleistung des Fahrzeugs. Samsung SDI hat Packplattformen für Hochvolt-Batteriesysteme entwickelt und arbeitet derzeit an verschiedenen Projekten mit globalen OEMs, dargestellt in Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht hochleistungsfähiger Batteriesysteme für optimierte Fahrzeugintegration

<p>12V Pack für Micro-HEV</p> <p>Samsung SDI hat eine Lithium-Ionen-Akku-Lösung entwickelt, welche die Kraftstoffeffizienz von Fahrzeugen mit Stopp-/Start-Systemen weiter erhöht. Dieses neue Batteriesystem ermöglicht es, dass das Stopp-/Start-System mehr regenerative Energie verwendet als herkömmliche Systeme, welche eine einzige Blei-Säure-Batterie verwenden.</p>	
<p>Batteriepack für HEV</p> <p>Hybridfahrzeuge benötigen Batteriesysteme mit der höchsten Leistungsdichte, um sowohl im Fahrmodus als auch im Rekuperationsmodus Energie in einem hochdynamischen Modus aufzunehmen und abzugeben.</p> <p>Hybride Konzepte zielen darauf ab, CO₂ und Emissionen zu reduzieren. Vollhybrid-Fahrzeuge bieten eine zusätzliche elektrische Reichweite von kurzen Distanzen.</p>	

Batteriepack für HEV (Busse & Trucks)

Das Batteriedesign für Nutzfahrzeuge ist auf höchste Rekuperationsfähigkeit und höchste Lebensdauer ausgelegt. Zusätzlich sollen der CO₂-Ausstoß sowie Emissionen reduziert werden.

Für den spezifischen Nutzfahrzeugeinsatz (mechanische Belastung, hohe Lastzyklen) wurden eine robuste mechanische Konstruktion und eine umfassende Kühlung entwickelt.



Batteriepack für PHEV

Die Plug-in Hybrid-Elektrofahrzeug-Anwendung erfordert ein leistungsstarkes Energiespeichersystem in Kombination mit einer optimierten Energiedichte auf einem konstanten Niveau über eine lange Lebensdauer. Das Energiespeichersystem basiert auf Lithium-Ionen-Nickel-Cobalt-Mangan(NCM)-Zellen mit hoher Leistung und geringem Widerstand in einem Standard-VDA-Format, welche in eine modulare Struktur eingebaut sind. Ausgestattet mit einem kompakten integrierten Flüssigkeitskühlsystem zeichnet sich das PHEV-Energiespeichersystem durch hohe Energie und geringes Gewicht aus.

Durch den Einsatz von Batteriezellen mit der branchenweit höchsten volumetrischen Leistung und Energiedichte ist eine längere elektrische Reichweite möglich – 50 km bei einem A/B-Segment- und 40 km bei einem C-Segment-Fahrzeug.



Batteriepack für BEV

Entscheidendes Ziel bei der Entwicklung von Akkupacks ist es nicht nur, die Kosten zu senken, sondern auch die Energiedichte zu erhöhen, was bedeutet, die Reichweite des BEV zu erhöhen oder das Volumen und Gewicht eines Pakets zu reduzieren. Kompakte und leichte Module mit prismatischen Li-Ionen-Zellen garantieren die Optimierung des Bauraums in einem BEV.



3 Zukunftsmarkt für Batteriesysteme in der Fahrzeugtechnik

Vor kurzem hat sich der Markt für Lithium-Ionen-Batterien von kleinen Lithium-Ionen-Batterien (z.B. Elektronikanwendungen) zu mittleren bis großen Lithium-Ionen-Batterien, einschließlich automotiven Lithium-Ionen-Batterien und ESS (Energy Storage System, elektrisches Energiespeichersystem, Größenordnungen von kWh bis MWh), entwickelt. Da es immer wichtiger wird, die Reichweite beim Laden von Elektrofahrzeugen zu erhöhen und die Wettbewerbsfähigkeit bei Systemlösungen zu sichern, konzentriert sich Samsung SDI auf die Entwicklung von Technologien, welche die Einschränkungen der derzeitigen Materialien überwinden können. Da immer mehr Geräte Lithium-Ionen-Batterien verwenden und sich der Wettbewerb unter den Unternehmen intensiviert, erhöht das Unternehmen seine Forschungs- und Entwicklungsarbeit zur Verbesserung bestehender sowie neuer Materialien mit hoher Kapazität, um die Anwendungszeit zu maximieren und die Ladezeit von Li-Ionen-Batterien zu reduzieren, dargestellt in Abbildung 3.

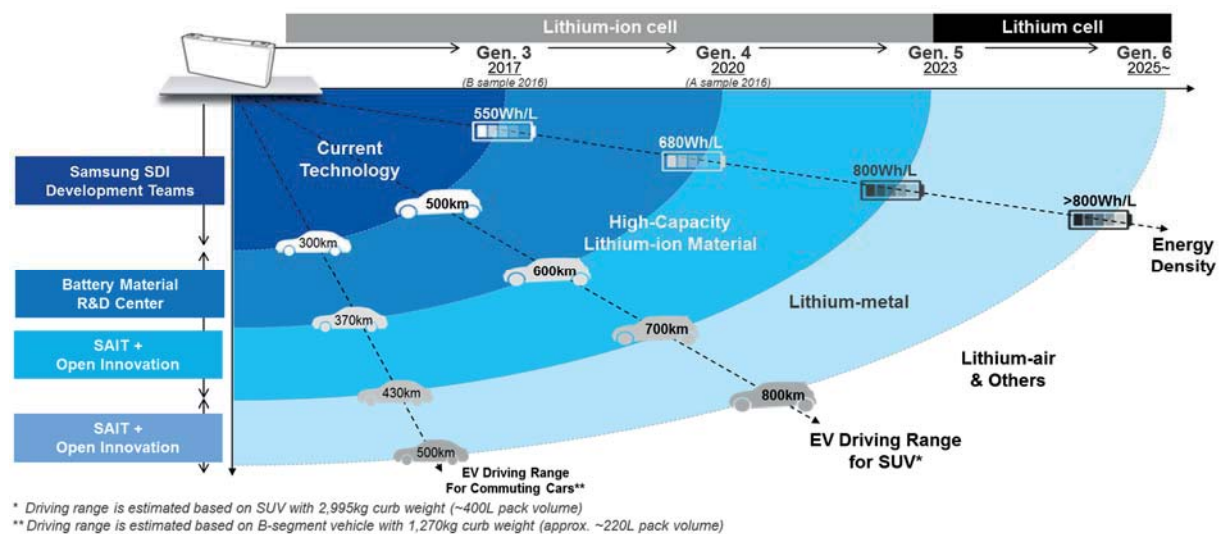


Abbildung 3: Entwicklungstendenzen von Batteriezellen bis 2025

Die interdisziplinären Anforderungen an Batteriesysteme im Automotive Bereich sind wesentlich komplexer als in anderen technischen Anwendungsfeldern für Batteriesysteme, wie beispielsweise in der Konsumelektronik. Die größte Herausforderung stellt dabei dar, den bestmöglichen Kompromiss der teilweise gegenläufigen Anforderungen wie Sicherheit, Kosten, Leistungsdichte, Energiedichte, Gewicht, Bauraum und Lebensdauer zu finden. Dazu folgen die konkreten Entwicklungsschritte eines automotiven Batteriesystems gemäß dem internen Produktentwicklungsprozess sowie dem standardisierten V-Modell, wobei das Hauptaugenmerk auf einer gesamtheitlichen Produktentwicklung hinsichtlich Standardisierung und Plattformentwicklung liegt. Abweichend zu seriennahen Projekten wird bei Vorentwicklungsprojekten eine Marktanalyse zur Ermittlung von Schwerpunkten vorangegangen. Innerhalb dessen werden Zukunftstrends eruiert, mittels GAP-Analyse beurteilt, gefiltert und in eine Detailplanung überführt.

Bei Samsung SDI Battery Systems entwickeln über 400 Autobatterieforscher und Ingenieure aktuelle und nächste Generationen von Lithium-Ionen-Batterien, um Automobilherstellern und ihren Kunden eine bessere Antriebsstrangleistung und längere elektrische Reichweite zu bieten. Neben der Entwicklung von Autobatterien forschen F&E-Organisationen auf integrierte Weise an transformativen Innovationen. Über 530 Wissenschaftler und Forscher des Samsung Advanced Institute of Technology, Samsung SDI Energy & Chemical Solutions, Samsung Fine Chemicals und anderen unternehmensbezogenen Partnern haben sich zusammengeschlossen, um gemeinsame Forschung zu betreiben und die Entwicklung neuer bahnbrechender Materialien voranzutreiben. Unter ihnen konzentrieren sich 380 Mitarbeiter speziell auf zukünftige Batteriematerialien und es werden viele synergetische Resultate von dieser Zusammenarbeit erwartet.

Um im sich ständig verändernden Technologie- und Marktumfeld führend zu sein, verstärkt Samsung SDI seine F&E-Partnerschaft und baut diese zukünftig weiter aus. Samsung SDI führt gemeinsame F&E-Projekte mit nationalen sowie internationalen Universitäten und Forschungsinstituten durch, um zukunftsweisende Schlüsseltechnologien zu entwickeln und zu kommerzialisieren. Aktuell werden am Standort in Premstätten drei nationale sowie drei EU-Forschungsprojekte durchgeführt.

Bisherige intensive Forschungstätigkeiten zur Weiterführung des Zellmodul-Konzepts für modulare Systemintegration führte zur Entwicklung eines Baukastensystems, um Skalierungseffekte in der Produktion erzielen zu können. Durch diesen modularen Ansatz wird eine maximale Flexibilität hinsichtlich unterschiedlicher Kundenanforderungen erreicht. Eine Verschaltung hingehend einer Parallelisierung der einzelnen Batteriemodule zur Realisierung einer höheren Energiekapazität soll zukünftig auch die Reichweitenproblematik von Elektrofahrzeugen weitgehend lösen.