

Modularität für den Energiespeicher – Eine Anforderungsanalyse für den Komponentenbau in der Elektromobilität

1 Abstract

Die Entwicklung der Zelltechnologie für leistungsstarke Batterien befindet sich, gerade getrieben durch mobile Anwendungen, an der Schwelle zur massenhaften industriellen Produktion und Konfektionierung. Wobei die Zelltechnologien erhebliche Leistungsfortschritte aufweist und auch noch generieren werden, zeichnet sich insbesondere für die Konfektionierung der Batterie noch erheblicher Handlungsbedarf ab. Nicht zuletzt die unterschiedlichen Einsatzszenarien für leistungsstarke Batterien gepaart mit den Skaleneffekten der Massenproduktion auf Zellebenen stellen eben jene Konfektionierung in den Mittelpunkt kundenorientierter Antriebssysteme und Selbige werden einen wesentlichen Betrag zur Sicherung der Kundenakzeptanz elektrischer Antriebsstränge in mobilen Anwendungen leisten.

Wo heute monolithische Bauweisen, auch getragen durch sicherheitsrelevante und Knowhow sichernde Anforderungen im Vordergrund stehen, werden zukünftig Modulbauweisen, insbesondere das Energiespeichermodul betreffend, zunehmend Bedeutung gewinnen. Entwicklungs- und Produktionsnetze sind hierfür essentiell nötig um zeitnahe sowie einsatztaugliche, von spezifischem Fachwissen getragene Lösungen, bereitzustellen.

Für die seriennahe Anwendung bedeutet dieses, dass das Schnittstellenmanagement an sich, als auch die instandhaltungsgerechte Konstruktion der Produkte/Module in den Fokus rückt. Dies wird in frühen Phasen der Produktnutzung essentiell, um die bestehenden Aversionen potenzieller Nutzer im Falle von Fehlfunktion oder von Upgrades des Energiespeichers zu eliminieren und damit den langfristigen Nutzwert des Produktes zu sichern. Bisherige Energiespeicherkonzepte für Serienwendungen sind in sich geschlossen und nur unter erhöhtem Demontageaufwand zugänglich. Dies wirkt sich jedoch kontraproduktiv auf die Einsatzfähigkeit des Elektrofahrzeugs im Falle des Kapazitätsverlustes einzelner Zellen oder gar dem Ausfall einer ganzen Batteriezelle aus. Unter Verwendung der derzeitigen Konzepte ist somit ein vollständiger Austausch des Energiespeichermoduls notwendig. Nutzer von Elektrofahrzeugen müssen infolge dessen erhöhte Aufwendungen in Kauf nehmen. Für die Massenanwendung bedeutet es, dass ein funktional neues Energiespeichermodul notwendig wird, um die Einsatzfähigkeit des Elektrofahrzeugs für den Nutzer sicher zu gewährleisten. Das Energiespeichermodul für das Gesamtsystem Elektrofahrzeug definiert sich derzeit als Einwegbatterie (One Way System), welches gegebenenfalls in anderen Anwendungen partiell einen Second-Life-Cycle erfährt, oder recycelt werden kann.

Für die Erforschung der Eignung verschiedener seriennaher, ähnlicher Energiespeicherkonzepte, wurden im Rahmen der Untersuchungen mehrere Speichersysteme mit unterschiedlichen Batteriezelltypen realisiert. Diese wurden in Elektrofahrzeug-Funktionsmustern auf deren Einsatz- und Alltagstauglichkeit erprobt und die Erhebung von Fehlfunktionen über die Langzeitnutzung konstatiert. Erste Ergebnisse zeigen, dass im Rahmen der Nutzung unterschiedlicher Batteriekonzepte drei systembeschreibende Zustände des Energiespeichermoduls vorfindbar sind: 1. volle Funktionsfähigkeit gegeben, 2. Kapazitätsverlust bis hin zum Ausfall des Energiespeichers durch Batteriezellversagen, 3. Kapazitätsverlust bis hin zum Ausfall des Energiespeichers durch Batterieinfrastrukturversagen. Anhand der gewonnen Erkenntnisse wurde eine systematische Anforderungsanalyse an das Konzept des zukünftig

zu implementierenden Energiespeichers entworfen, um potentielle negativen Beeinträchtigung unter minimalem Aufwand zu beheben. Dazu erfolgte die Entwicklung eines Ebenen basierten Modells zur Strukturierung der Module und derer Komponenten, für das Gesamtsystem Batterie des Elektrofahrzeuges.

Das dargestellte Ebenen-Modell umfasst hierbei vier Stufen, wie aus Bild 1 zu entnehmen ist. Die Batterieeinzelzelle an sich stellt die kleinste funktionale Einheit dar und wird somit als Mikro-Ebene definiert. Gemäß dem Bottom-up-Ansatz erfolgt nun die Einstufung der kumulierten funktionalen Einheiten auf einer übergeordneten modularen Ebene – als Sub-Modul auf der Meso-Ebene. Auf der Makro-Ebene erfolgt die Erfassung aller Module wie dem Energiespeicher. Die Meta-Ebene umfasst das Zusammenwirken aller auf der Makro-Ebene befindlichen Module zu einem Gesamtfahrzeug.

Die Umsetzung aktueller Energiespeicherkonzepte erfolgt aus heutiger Sicht mittels Verschaltung einzelner Batteriezellen zu einem abgeschlossenen Energiespeichermodul. Basierend auf den „Top Down“ Kundenanforderungen an den Energiespeicher (1), erfolgt die Entwicklung auf der Mikro-Ebene durch den Zulieferer. Die sich ergebene technische „Bottom-Up“ Leistungsfähigkeit (2) aus der Mikro-Ebene heraus ist gegenüber den Kundenanforderungen (1) folgend auf der Entwicklungsschnittstelle (3) kritisch hinsichtlich des Erfüllungsgrades und des Kompetenzübergangs zu betrachten. Zur Sicherung der generierten Entwicklungsvorsprünge gegenüber den Wettbewerbern im Massenmarkt, bezogen auf ausgewählte Batteriezellen oder thermische Konzepte, resultieren abgeschlossene Energiespeichersysteme.

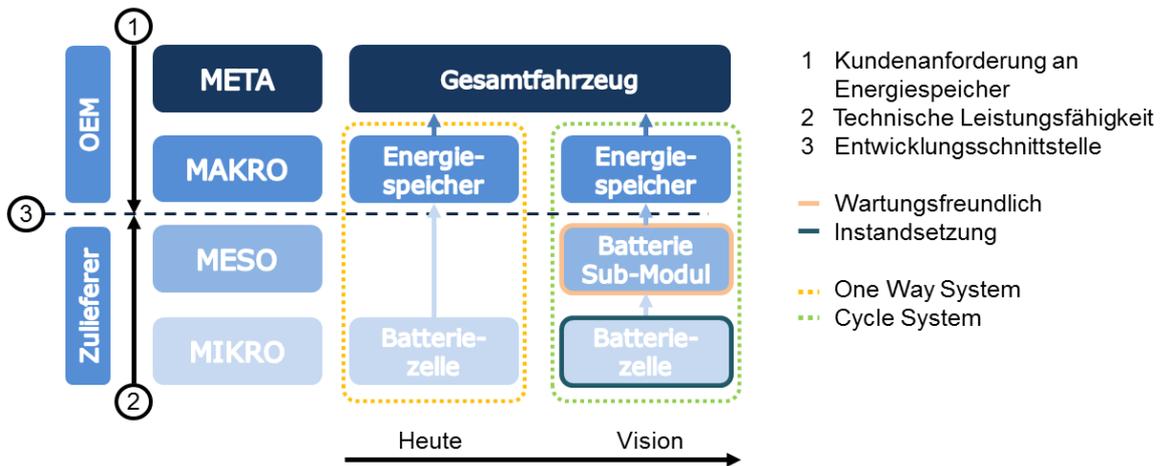


Bild 1: Magdeburger-Ebenen-Modell zur zukünftigen Modularisierung von Energiespeichern

Aus den praktischen Erhebungen heraus, die eintretenden Zustände des Kapazitätsverlustes unter minimalen Aufwand zu beheben, ist es das Ziel ein Cycle-System zu realisieren. In zukunftsorientierter Sicht ist es essentiell dafür eine weitere funktionsdefinierende Ebene zu implementieren – die Meso-Ebene. Auf der Meso-Ebene erfolgt die Entwicklung von Sub-Modulen als eigenständige Komponente, mit dem Fokus auf Diagnose- und Wechselfähigkeit zur Realisierung der Wartungsfreundlichkeit. Dies bedingt eine offene bzw. zugängliche Konstruktion des Energiespeichermoduls, um dessen Funktionsfähigkeit durch Austausch defekter Sub-Module im Plug & Play Verfahren zu ermöglichen. Außerhalb, des bereits funktionsfähigen Energiespeichermoduls, kann anschließend die Wartung des fehlerhaften Sub-Moduls durch Instandsetzung der Einzelnen oder einzelner Batteriezellen erfolgen. Schließlich lässt sich der Schluss ziehen, dass durch die Implementierung der Meso-Ebene eine Fokussierung auf wechselbare Sub-Module eine Cycle-System Batterie nach sich zieht. Zu definieren wäre noch, wo zwischen welchen Ebenen sich die Entwicklungsschnittstelle für den Massenmarkt optimal positionieren wird. Hier muss entschieden werden, inwieweit der Kunde dem Zulieferer entscheidend mit in den After Sales Market einbezieht. In Hinblick auf den After-Sales-Market ermöglicht ein Cycle-System des Energiespeichers Kostenvorteile für den Massenmarkt, da die Aufwendungen reduziert werden können. Es müssen keine vollständig abgeschlossenen Energiespeicher auf Vorrat gelagert werden, wodurch die Kosten für die Mobilhaltung des Nutzers reduziert werden. Darüber hinaus erfolgt die Reduzierung des Bestandes von gebrauchten aber funktionsfähigen Batteriezellen, welche bei einem Tausch eines abgeschlossenen Energiespeichers zwangsweise in Second-Life-Cycle Anwendungen überführt werden, oder aufwendig recycelt werden müssen.