

SPECIAL: Leichtbau

Traktionsbatteriesystem in Leichtbauweise für die Elektromobilität

Leichtbau für Schwergewichte

Das Batteriesystem ist eine der schwersten Komponenten im Antriebsstrang eines Elektrofahrzeugs. Durch den bedarfs- und funktionsgerechten Einsatz von Leichtbaumaterialien und großserienfähigen Fertigungsprozessen besteht großes Leichtbaupotenzial, ohne dabei Abstriche bei der Sicherheit oder Leistungsfähigkeit zu riskieren. Ein neues Technologiekonzept zeigt die besonderen Möglichkeiten eines abgewandelten Direktverfahrens und einer darauf abgestimmten Materialauswahl.



Leichtbau-Batteriemodul mit Lithium-Ionen-Batteriezellen im Pouch-Zellformat und SMC-Modul-Endplatten. © Fraunhofer ICT

Zukunftsfähige Mobilitätslösungen entwickeln – mit dieser Aufgabenstellung vernetzen sich wichtige Akteure aus Wissenschaft, angewandter Forschung und Industrie im interdisziplinären Leistungszentrum „Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe“ (Infokasten S. 42). Die einzelnen Forschungs- und Ent-

wicklungsprojekte beleuchten dabei unterschiedliche Facetten der Mobilität. In diesem Beitrag geht es um neue Konzepte und Lösungsmöglichkeiten, die das Gewicht des Batteriesystems reduzieren [1]. Dies gelingt durch den Einsatz von Leichtbaumaterialien und großserienfähigen Fertigungsprozessen,

die bedarfs- und funktionsgerecht im beziehungsweise für das Batteriemodul eingesetzt werden. Dabei werden auch die hohen Anforderungen an die Systemsicherheit sowie die Effizienz des Thermomanagement-Systems berücksichtigt. Dieser Artikel richtet den Fokus auf das Konzept eines neu entwickelten

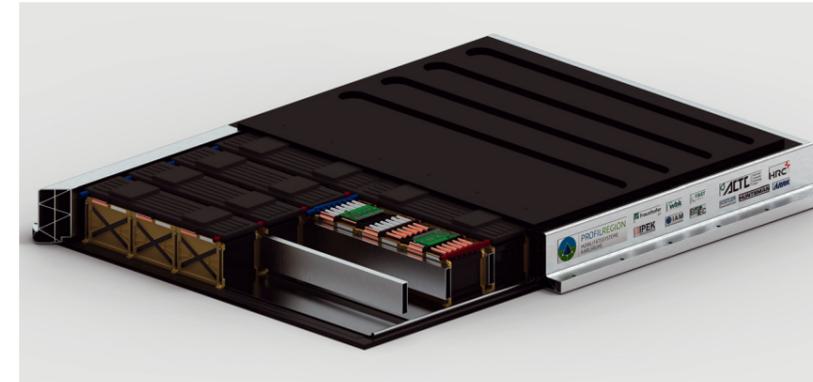


Bild 1. Schnittmodell des gesamten Batteriesystems. © Fraunhofer ICT

Batteriesystems und dessen technische Lösungsansätze für Leichtbau und Fertigungsverfahren und stellt zudem ein neues Direktverfahren vor.

Leichtbauintensives strukturelles und funktionsintegriertes Modulkonzept

Ziel der Entwicklung war es zu evaluieren und zu demonstrieren, wie thermische Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Leichtbau in einem Batteriesystem kombiniert werden können. Diese Eigenschaften werden bei konventionellen, bodengebundenen Mobilitätsanwendungen zunehmend gefragt. Auch in

weiteren Mobilitätsbereichen, wie zum Beispiel bei UAM-Anwendungen (Urban Air Mobility), steigt die Nachfrage nach Maßnahmen, um die gewichtsbezogene Leistungs- und Energiedichte zu erhöhen. Darüber hinaus wurde das Konzept im Hinblick auf eine großserienfähige Fertigung ausgelegt, was sich im Bereich der Materialauswahl und bei den Fertigungs- und Montageprozessen widerspiegelt.

Die Basis für das Batteriemodul (Titelbild) bildet eine Lithium-Ionen-Batteriezelle im Pouch-Zellformat, das sich seit einigen Jahren als eines der wichtigsten Zellformate für Batteriesysteme für

die Mobilität etabliert hat. Für das Konzept wurde eine Zelle mit einer Kapazität von 20 Ah ausgewählt, die aus der Forschungsfertigung des Projektpartners Institut für Angewandte Materialien – Energiespeichersysteme (IAM-ESS) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) stammt.

Die einzelnen Zellen werden in einem Modul mechanisch zusammengefasst und elektrisch verschaltet: zwölf Zellen in Serie und sechs parallel. Jeweils drei Zellen werden durch einen Halterahmen getragen und aneinander gestapelt, um das Modul zu bilden. Die Halterahmen können im Spritzgießverfahren hergestellt werden. Die Kühlung der Zellen wurde an den Stromableitern der Zellen umgesetzt. Strukturelle, funktionsintegrierte Endplatten schließen auf beiden Seiten das Modul ab und sorgen dafür, dass der Zellstapel über die Verschraubung die erforderliche Vorspannung erfährt.

Batteriepack in Hybridbauweise

Die einzelnen Module werden dann zu einem Gesamtsystem zusammengefasst (Bild 1), das in hybrider Bauweise konzipiert wurde. Entsprechend den aktuellen Entwicklungen in der Automobilin-

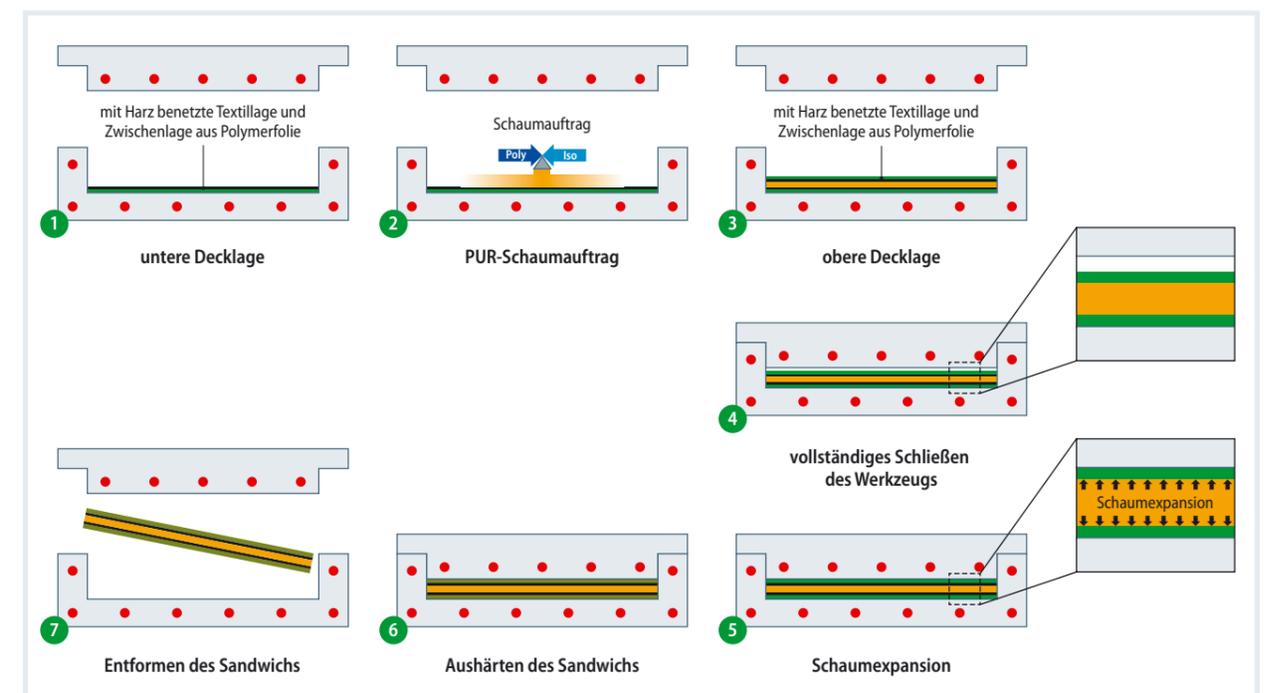
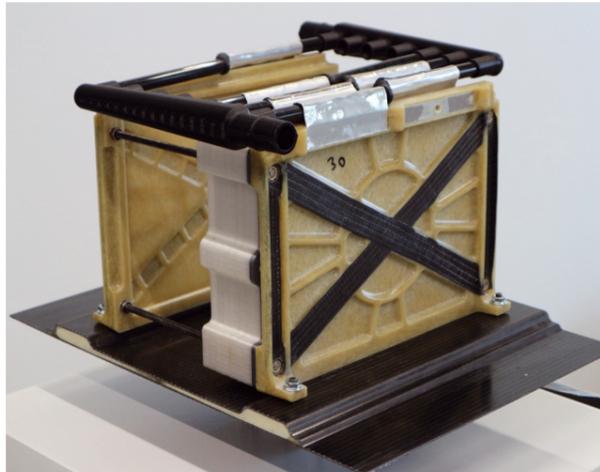


Bild 2. Schema für eine einfache und effiziente Fertigung von leichten, hochsteifen Sandwichstrukturen im D-SCM-Verfahren.

Quelle: Fraunhofer ICT; Grafik: © Hanser

Bild 3. Teilausschnitt des Batteriemoduls als Technologiedemonstrator mit den funktionsintegrierten SMC-Modul-Endplatten und der im D-SCM-Verfahren hergestellten Bodenplatte. © Fraunhofer ICT



Info

Text

Dr.-Ing. Lars-Fredrik Berg ist stellvertretender Produktbereichsleiter im Produktbereich Neue Antriebssysteme am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal;

lars-fredrik.berg@ict.fraunhofer.de

M.Sc. Johannes Liebertseder ist als Gruppenleiter Simulation im selben Produktbereich am Fraunhofer ICT tätig;

johannes.liebertseder@ict.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Andreas Menrath ist Gruppenleiter Spritzgießen und Fließpressen im Produktbereich Polymer Engineering am Fraunhofer ICT;

andreas.menrath@ict.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Philipp Rosenberg ist Gruppenleiter Strukturleichtbau, ebenfalls im Produktbereich Polymer Engineering am Fraunhofer ICT;

philipp.rosenberg@ict.fraunhofer.de

Projektpartner und Kompetenz

Das Projekt wurde im Rahmen des Leistungszentrums „Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe“ durchgeführt. Neben den Produktbereichen Angewandte Elektrochemie, Neue Antriebssysteme und Polymer Engineering des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie (ICT) waren verschiedene Institute des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) involviert [1].

www.profilregion-ka.de

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

dustrie, wurde der Rahmen des Gesamtsystems so ausgeführt, dass er als strukturelles, lasttragendes Bauteil des Gesamtfahrzeugs dient. Er besteht aus Aluminium-Strangpressprofilen und wird im Inneren durch weitere Profile ergänzt, die die Steifigkeit erhöhen. Der Deckel sowie der Boden des Systems wurden in Kunststoffbauweise ausgeführt. Insbesondere der Boden ist als innovative Sandwichstruktur mit Möglichkeiten zur Funktionsintegration ausgeführt. So tragen beispielsweise Sicken zur Steifigkeitserhöhung bei, die gleichzeitig Raum für Kühlstrukturen bieten. Die Herstellung erfolgt mit einem neu entwickelten Fertigungsverfahren, dem Direct Sandwich Composite Molding (D-SCM).

Funktionsintegrierte SMC-Modul-Endplatten

Elektromagnetische Abschirmung und Flammwidrigkeit sind zwei der wichtigsten Sicherheitsfunktionen von Batteriegehäusekomponenten. Der SMC-Prozess (Sheet Molding Compound) ist für die Herstellung dieser Komponenten aufgrund seiner Kosteneffizienz, mechanischen Leistungsfähigkeit und Formbarkeit komplexer Strukturen von großem Interesse. Sowohl die elektromagnetische Abschirmung als auch der Flammenschutz erfordern jedoch spezifische Materialmodifikationen. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in diesem Projekt konzentrierten sich auf die elektromagnetischen Abschirmungseigenschaften und den Flammschutz von ungesättigten Polyester-Polyurethan-

Hybridharzen (UPPH) mit Glasfaser- und Kohlenstofffaserverstärkung. Dieses Harzsystem eignet sich durch Anpassung der Formulierung sowohl zur Herstellung von SMC- als auch Prepreg-Halbzeugen. Die Kombination dieser Halbzeuge in einem Co-Molding-Prozess bietet ein hohes Leichtbaupotenzial für strukturelle Anwendungen [2].

Ziel der EMV-Untersuchungen (EMV: Elektromagnetische Verträglichkeit) war es, eine möglichst gute elektrische Leitfähigkeit im faserverstärkten UPPH-Verbundwerkstoff zu erzielen, ohne dass ein nachgeschalteter Prozessschritt notwendig ist. Ein durchgängiges elektrisch leitfähiges Netzwerk kann durch die Zugabe von Additivpartikeln gebildet werden. Wichtig dabei sind das Überschreiten der Perkolationschwelle sowie der Einfluss auf die Aushärtungsreaktion und die Viskositätserhöhung durch den Additivanteil im Harzsystem.

Die Entwicklungen zu immer höheren Batteriekapazitäten führen dazu, dass die Anforderungen und Normen für Batteriegehäuse stetig angepasst und aktualisiert werden. Ein voll ausgestattetes wiederaufladbares Energiespeichersystem (REESS), einschließlich Batterie, Gehäuse, Steuerelektronik usw., vor einem Kraftstoffbrand zu schützen, ist aufwendig und kostenintensiv. Ein am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT) neu entwickelter Ansatz für einen Brandversuch im Labormaßstab, der die Brandbehandlung der UNECE-R100-8E (Regelung Nr. 100 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa, Anhang 8E – Feuerbeständigkeit) auf Komponentenebene

simuliert, wurde zur Charakterisierung der Verbundwerkstoffe eingesetzt [3].

Glasfaserverstärktes SMC weist auch mit entsprechenden Additiven keine ausreichende Abschirmung gegenüber elektrischen Feldern und hochfrequenten Magnetfeldern auf. Kohlenstofffasern hingegen haben das Potenzial, in Batteriegehäusen als Ersatz für Aluminiumgehäuse verwendet zu werden. Die Zugabe von Füllstoffen steigert die Schirmwirkung zusätzlich. Die eingesetzten Additive können sich ebenfalls positiv auf das Brennverhalten auswirken. Die für die Anwendung optimierten Materialsysteme erfüllen neben den EMV-Anforderungen auch die Brandkriterien Selbstverlöschung, Entzündung der Rückseite sowie strukturelle Integrität.

Herstellung des Sandwich-Unterbodens im D-SCM-Verfahren

Die Gehäuse von Traktionsbatterien für Elektrofahrzeuge werden heute meist mit vergleichsweise schweren metallbasierten Werkstoffen gebaut. Insbesondere durch die Verwendung ultraleichter, hochsteifer Sandwichstrukturen auf Faserverbundbasis lässt sich deren Gewicht erheblich reduzieren. Die komplexe Verarbeitung und steigende Stückzahlen erfordern allerdings verbesserte, robuste Herstellungsverfahren mit kurzer Zykluszeit.

Die Bodenplatte von Batterieboxen weist meist eine geringe geometrische Komplexität auf. Das macht das Nasspressverfahren besonders interessant, da sich damit hohe Stückzahlen erzielen lassen. Zusätzliche Steifigkeit kann durch geometrische Verprägungen und die Sandwichbauweise erreicht werden. Letztere ist allerdings beim Nasspressen noch nicht Stand der Technik.

Würde die klassische Sandwichbauweise mit dem Nasspressen kombiniert, erforderte dies einen hohen Aufwand beim Handling der Bestandteile Lagenaufbau und Schaumkern. Die Decklagen würden separat mit reaktiver Matrix benetzt und zusätzlich müsste der vorkonfektionierte Schaumkern exakt eingelegt werden. Wenn der Schaumkern keine konstante Dicke hätte, müsste dieser vorab in einem Schäumwerkzeug hergestellt

oder mechanisch bearbeitet werden. Beim Schließen des Werkzeugs könnte es zudem zu Schädigungen des Kerns kommen, besonders wenn Verprägungen eingebracht werden oder der Druck der Matrix beim Fließen die Kernfestigkeit übersteigt.

Für eine einfache und effizientere Fertigung wurde daher am Fraunhofer ICT ein neues Direktverfahren entwickelt, das leichte, hochsteife Sandwichstrukturen in einem Prozessschritt herstellbar macht. Die Wissenschaftler haben das Verfahren Direct Sandwich Composite Molding (D-SCM, Bild 2) genannt [4]. Dabei wird zunächst die untere CF-verstärkte Textilage mit Harz vorbenetzt in das Formwerkzeug eingelegt (1). Auf eine dünne TPU-Folie als Zwischenschicht wird ein Polyurethanschaum aufgetragen (2). Nach einer zweiten Zwischenschicht folgen die Auflage der vorimprägnierten Decklage (3) und das Schließen des Werkzeugs (4). Beschleunigt durch die Wärme des temperierten Werkzeugs, expandiert der Polyurethanschaum und bildet so die Sandwichschicht aus. Gleichzeitig baut das schäumende Polyurethan einen Werkzeugendruck auf, der die Decklagen vollständig imprägniert und an die Werkzeugkontur drückt (5). Der Schaum und die Matrix der Decklagen sind bezüglich der chemischen Reaktivität so aufeinander abgestimmt, dass die Aushärtungszeit gleich lang ist (6). Nach der Aushärtung kann das fertige Bauteil entformt werden (7).

Fazit

Die mit dem D-SCM-Verfahren im Projekt hergestellte Bodenplatte weist dünne Deckschichten mit Kohlenstofffasern auf. Die geschäumte, polyurethanbasierte Zwischenschicht hat eine variable Dicke und eine definierte Schaumdichte (Bild 3). Somit konnten die Forscher als Ergebnis dieses Teilprojekts aufzeigen, dass es mit innovativen Prozessen möglich wird, eine effiziente, einstufige Fertigung von hochperformanten Sandwichstrukturen zu realisieren. Dabei ist insbesondere die intrinsische Formgebung des Sandwichschaums interessant, da hierfür keine Vorkonfektionierung mehr erforderlich ist. ■



Expertenwissen für Sie

Optimale Umsetzung Ihrer Ideen und Herausforderungen.

Wir entwickeln und fertigen Heißkanalsysteme für Branchen wie Automobil, Haushaltsgeräte, Konsumgüter, technische Anwendungen, Elektronikkomponenten, Haushaltswaren und Gartenbau.

Schneller Farbwechsel, hohe Strukturfestigkeit, Leichtbau-Anwendungen, hohe Prozessstabilität und Produktwiederholgenauigkeit und vieles mehr: **Wir verfolgen jeweils den für Ihre Anforderung passenden Lösungsansatz.**



KUTENO®
Kunststofftechnik Nord

KUTENO 2022
Wir sind dabei!
Halle 1 - Stand D16

oerlikon
hrsflow

Oerlikon HRSflow DACH
HRSflow GmbH Schwanheimer Ufer 302
60529 Frankfurt/Main
Phone +49 69 6681596-0
germany.hrsflow@oerlikon.com

Weitere Informationen finden Sie unter:
www.hrsflow.com