

Bio!LIB

Biobased Multifunctional Laminates in Battery housings

Programm / Ausschreibung	Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - 15. Ausschreibung (2020) FT, PM, AM	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.04.2021	Projektende	31.07.2024
Zeitraum	2021 - 2024	Projektlaufzeit	40 Monate
Keywords	Holzbasierte Lamine; Funktionsintegration; Batteriegehäuse;		

Projektbeschreibung

Um die Reichweite und Energieeffizienz von Elektrofahrzeugen erhöhen zu können, muss das Gewicht von Batterien reduziert und der zur Verfügung stehende Raum im Unterboden zwischen Fahrschemel und Hinterachse bestmöglich genutzt werden. Aluminium als Werkstoff für Batteriegehäuse weist ein hohes Leichtbaupotential auf, ist aber hinsichtlich Brandschutz, Kosten und ökologischem Fußabdruck bei der Herstellung nachteilig. Das gilt auch für faserverstärkte Kunststoffe. Mit Elektromobilität gewinnt der ökologische Fußabdruck in der Herstellung und End-of-Life Phase gegenüber der Nutzungsphase an Bedeutung: Nur unter günstigsten Bedingungen amortisiert sich der erhöhte fertigungsbedingte CO₂-Ausstoß durch Aluminium und CFK Leichtbau in der Nutzungsphase.

Ein Ansatz zur Reduktion des Gewichts und des Fußabdrucks in der Nutzungsphase als auch des Bauraums und der Kosten von Batterien ist die Funktionsintegration, also, dass Bauteile mehrere multiphysikalische Funktionen übernehmen: Thermoregulierung, Vibrations-Dämpfung, Impakt-Energie-Dissipation, Brandschutz, elektromagnetische Schirmung, ... Erfolgt diese Funktionsintegration mit Hilfe biobasierter Lamine kann auch die Umweltbilanz in den Phasen vor und nach der Nutzung aufgebessert werden.

Durch die Kombination Holz und Stahl in einem Batteriegehäuse können günstige strukturmechanische und thermische Eigenschaften beider Materialien einander komplementieren und daher genutzt werden.

Im Projekt Bio!LIB soll nachgewiesen werden, dass durch die Kombination dieser Werkstoffe ein (1) exzellentes Temperatur-Management und (2) Crash-Verhalten, (3) eine verbesserte Vibrations-Dämpfung und (4) ein exzellentes Eingrenzen eines thermischen Durchgehens (auf dem Niveau aktueller State-of-the Art Gehäuse und darüber) erreicht werden kann.

Zusätzlich jedoch wird durch eine Funktionsintegration (5) eine Reduktion von Bauraum und Gewicht ermöglicht, bei geringen Kosten und (6) geringerem ökologischen Fußabdruck im Vergleich zu einem Aluminium Gehäuse.

Dieser Nachweis erfolgt anhand eines Segments (in Modul bzw. Zellstapelgröße) eines Batteriegehäuses. Dabei werden auch relevante Aspekte der Verbindungs-, Fertigungstechnik, der Dauerhaftigkeit, sowie der Materialtrennung und des Recyclings untersucht, um Fertigungskosten als auch ökologischen Fußabdruck zu minimieren.

Abstract

In order to increase the range of electric vehicles, the weight of batteries must be reduced and the available space in the

underbody between the subframe and the rear axle must be used in the best possible way. Aluminium as a material for battery housings has a high potential for lightweight construction, but is disadvantageous in terms of fire protection, costs and ecological footprint during production.

One approach to reducing the weight, installation space and costs of batteries is functional integration, i.e. that components take over several multiphysical functions: Thermoregulation, vibration damping, impact energy dissipation, fire protection, electromagnetic shielding, ...

By combining wood and steel in a battery casing, favourable structural-mechanical and thermal properties of both materials can complement each other and can therefore be exploited.

The project Bio!LIB aims to demonstrate that the combination of these materials can provide (1) excellent temperature management, (2) crash performance, (3) vibration damping, (4) thermal propagation containment (at a level of state-of-the-art enclosures and beyond) in combination with (5) low costs and low weight and (6) a small ecological footprint.

This is demonstrated by means of a segment (in module or cell stack size) of a battery housing. Aspects of connection, manufacturing technology, increased durability through wood modification, material separation and recycling are also investigated.

Endberichtkurzfassung

Das Projekt Bio!LIB hat erfolgreich ein innovatives Batteriegehäuse für Elektrofahrzeuge entwickelt, bei dem Holz und biobasierte Materialien eingesetzt werden, um die Eigenschaften von Stahl zu ergänzen. Ziel war es, eine nachhaltigere Alternative zu herkömmlichen Batteriegehäusen zu schaffen, ohne Kompromisse bei Sicherheit und Leistung einzugehen.

Folgende Komponenten wurden betrachtet und untersucht:

Seitenrahmen: Nimmt Verformungsenergie auf und trägt zum Schutz des Energiespeichers beim Seitenaufprall wesentlich bei. Im Projekt Bio!LIB wurde dieser in Stahl-Holz-Hybridbauweise entwickelt.

Unterboden: Verhindert das Eindringen von aufgewirbelten Gegenständen, muss den Belastungen eines „Aufsitzens“ des Fahrzeuges standhalten - und beeinflusst wesentlich das Schwingungsverhalten der Batterie, und damit die Alterung des Energiespeichers, aber auch seine Torsionssteifigkeit. Des Weiteren schützt er die Energiespeicher vor externen Bränden. Im Projekt Bio!LIB wurde dieser in Stahl-Holz-Laminatbauweise entwickelt.

Zellträger: Wirkt schwingungsdämpfend, kompensiert Formänderungen der Zelle infolge von Alterung und Ladezustand, beschränkt den Wärmefluss zwischen den Zellen - um ein thermische Propagation, d.h. das Überspringen eines Zellversagens von einer Zelle zur nächsten zu unterbinden, soll aber gleichzeitig eine aktive Kühlung der Zellen ermöglichen. Neben den mechanischen Anforderungen sind die diametralen thermischen Anforderungen (gute Wärmeleitung zwischen Kühlplatte, schlechte Wärmeleitung zwischen den Zellen) herausfordernd. Im Projekt Bio!LIB wurde dieser in Kork-Faser-Kompositbauweise entwickelt.

Batteriedeckel: Bildet eine Barriere vor dem Zellbrand - und soll den Insassen ausreichend Zeit gewährleisten, um sich bei einem Durchgehen von Zellen in Sicherheit zu bringen. Gleichzeitig soll der Deckel nur wenige Millimeter stark sein. Im Projekt Bio!LIB wurde ein Deckel in Kork-Faser-Stahl-Kompositbauweise untersucht.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Seitenrahmen:

Durch den Einsatz numerischer Methoden und geeigneter numerischer Abbildungen von Holz und Stahl (inkl. aufwändiger Abbildung des Schädigungs- und Bruchverhaltens) konnte der Lagenaufbau, die Kerndichte und die Stahlblechdicke optimiert werden.

Letztlich konnte die Energieaufnahme unter der Annahme einer 3 Punkt Biegebelastung um mehr als 200% gegenüber einem massengleichen Aluminium-Mehrkammerprofil gesteigert werden.

Zusätzlich wurden Schweißversuche im direkten Kontakt mit dem Holz durchgeführt, um den Einfluss durch die Verkohlung des Holzes auf die Schweißnahtqualität zu untersuchen. Die Verschweißbarkeit von Stahlblechen in direktem Verbund mit Holz wurde erfolgreich demonstriert, ohne dass nachteilige Auswirkungen auf die Materialien festgestellt wurden.

Die Auswirkungen auf die Formbeständigkeit infolge hoher Temperaturen (bei der kathodischen Tauchlackierung, KTL) und bei ungewollter Feuchtaufnahme wurde durch Quellversuche bzw. KTL Ersatz-Versuche untersucht: Damit liegen konkrete Informationen über die auftretenden Spannungen vor, um die geometrische Ausgestaltung des Holz- Kerns abzuleiten. Die Verformungen beim KTL Ersatzversuch waren reversibel.

Unterboden:

Im Bereich der Akustik und Vibration (NVH) wurde ein bedeutender Durchbruch erzielt: Ein numerisches Noise-Vibration-Harshness-Modell für Holz-Stahl-Lamine wurde entwickelt und validiert. Die Ergebnisse zeigten, dass der Stahl-Holz-Laminat-Aufbau dem rein metallischen Aufbau hinsichtlich Ausprägung der Moden überlegen ist, was Batteriealterung vermindert und den Fahrkomfort der Insassen erhöht. Zusätzlich wurde ein Machine-Learning-Tool erstellt, das eine schnelle Prognose von Modenfrequenzen und -amplituden für unterschiedliche Laminataufbauten ermöglicht.

Zur Verbesserung der Langzeitstabilität von Holz-Hybridlaminaten wurden umfangreiche Bewitterungstests und Untersuchungen zur chemischen und biologischen Beständigkeit modifizierter Holzurniere durchgeführt. Die Acetylierung und Furfurylierung von Einzelfurnierlagen, zeigt ein hohes Potential, die chemische Beständigkeit (gegen Säuren, Laugen, Lösungsmittel und Wasser) von Hybridlaminaten zu erhöhen – dabei aber die Kosten durch die lokale Modifikation gering zu halten.

Batteriedeckel:

Im Bereich der Brandsicherheit wurden verschiedene Kork-Faser-Komposite entwickelt und getestet. Die Ergebnisse zeigten, dass diese Komposite vergleichbare Sicherheitseigenschaften zu gängigen Industrielösungen aufweisen (Stw. Mica), was einen wichtigen Schritt in Richtung nachhaltiger Brandschutzlösungen darstellt.

Weitere Untersuchungen betrafen die Verbindungstechniken: Beim Holzdübel-Schweißen wurden vielversprechende Ergebnisse mit verschiedenen Substraten erzielt. Wichtige Einflussfaktoren wie Vorschubzeit, Nachlaufzeit und Holzart wurden identifiziert. Bemerkenswert ist auch, dass die Verschweißbarkeit von Stahlblechen in direktem Verbund mit Holz erfolgreich demonstriert wurde, ohne dass nachteilige Auswirkungen auf die Materialien festgestellt wurden.

Eine vergleichende Ökobilanzierung bestätigte die Umweltvorteile des Bio!LIB-Demonstrators gegenüber konventionellen Batteriegehäusen. Dabei wurden verschiedene End-of-Life-Szenarien berücksichtigt, um ein umfassendes Bild der ökologischen Auswirkungen zu erhalten. Die Untersuchung zeigte aber auch, dass die Bedeutung der Use-Phase durch die elektrische Traktion sinkt, und damit die Bedeutung der Produktion und der „End-of-Life“ Phase in der Ökobilanzierung zunimmt.

Das Projekt resultierte in zehn wissenschaftlichen Publikationen (peer-reviewed), einer abgeschlossenen Dissertation, neun Master- und Bachelorarbeiten sowie zwei Patentanmeldungen. Dies unterstreicht den bedeutenden Beitrag zur Forschung und Innovation im Bereich nachhaltiger Batterietechnologien.

Trotz dieser Erfolge gab es auch Herausforderungen. Bei Unterboden-Eindringungstests traten teilweise großflächige Delaminationen auf, was auf die Notwendigkeit weiterer Forschung zur Verbesserung der Klebeverbindungen hinweist. Dennoch hat Bio!LIB gezeigt, dass Holz-Stahl-Hybridkonstruktionen ein vielversprechender Ansatz für nachhaltigere und leistungsfähige Batteriegehäuse in der Elektromobilität sind.

Projektkoordinator

- Technische Universität Graz

Projektpartner

- W.E.I.Z. Forschungs & Entwicklungs gGmbH
- Universität Graz
- Business Upper Austria - OÖ Wirtschaftsagentur GmbH
- Fill Gesellschaft m.b.H.
- bufo technology UG (haftungsbeschränkt)
- Universität für Bodenkultur Wien