

# Leichte und sichere Batteriegehäuse aus Faserverbundwerkstoff

Wirtschaftlicher Leichtbau ist in der automobilen Gegenwart und Zukunft unverzichtbar, wenn es darum geht, effiziente und moderne Fahrzeuge zu entwickeln. Für Elektrofahrzeuge entwickelt SGL Carbon Batteriekästen in Faserverbundbauweise, die trotz geringen Gewichts alle Anforderungen hinsichtlich Sicherheit, Steifigkeit und Thermomanagement erfüllen.

## Autoren



DIPL.-ING. (FH)  
CHRISTIAN SCHLUDI  
ist Projektleiter  
Automotive im  
Programm Batterie-  
kasten bei SGL Carbon  
in Meitingen.



JÜRGEN JOOS, M. ENG.,  
ist Leiter Programm-  
management Materials  
bei SGL Carbon in  
Meitingen.

Um die gesetzlichen Vorgaben zur Reduzierung der Emissionen bei Fahrzeugen zu erfüllen, arbeiten Automobilhersteller mit Nachdruck daran, neue Antriebsformen für die Großserie zu entwickeln und für den Kunden komfortabel nutzbar zu machen. Der Elektrifizierung des Antriebsstrangs kommt dabei eine große Bedeutung zu. Neben Konzepten wie dem Brennstoffzellenantrieb sind es vorwiegend Hybrid-, Plug-In-Hybrid- oder reine Elektrofahrzeuge, die in den nächsten Jahren einen

immer größeren Anteil am Automobilmarkt einnehmen werden [1].

Vor allem das Elektrofahrzeug erreicht derzeit aber noch keine mit Benzin- oder dieselbetriebenen Fahrzeugen vergleichbare Reichweite. Ein Ansatz zur Erhöhung der Reichweite ist der Einbau eines deutlich größeren Energiespeichers, der sich allerdings negativ auf die Fahrzeugmasse auswirkt. Eine andere Möglichkeit ist die Erhöhung der Energiedichte innerhalb des Speichers. Jedoch ist derzeit nicht absehbar, ob und

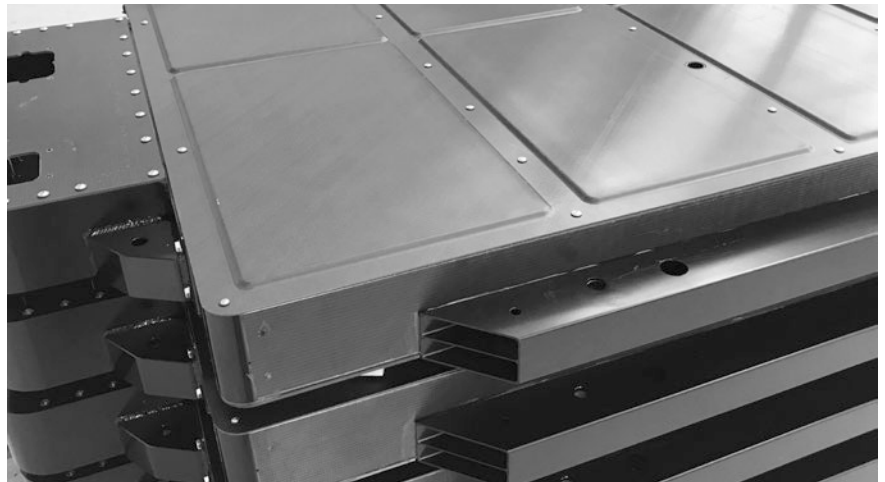


Bild 1 Teilansicht eines Batteriegehäuses aus faserverstärktem Kunststoff (© SGL Carbon)

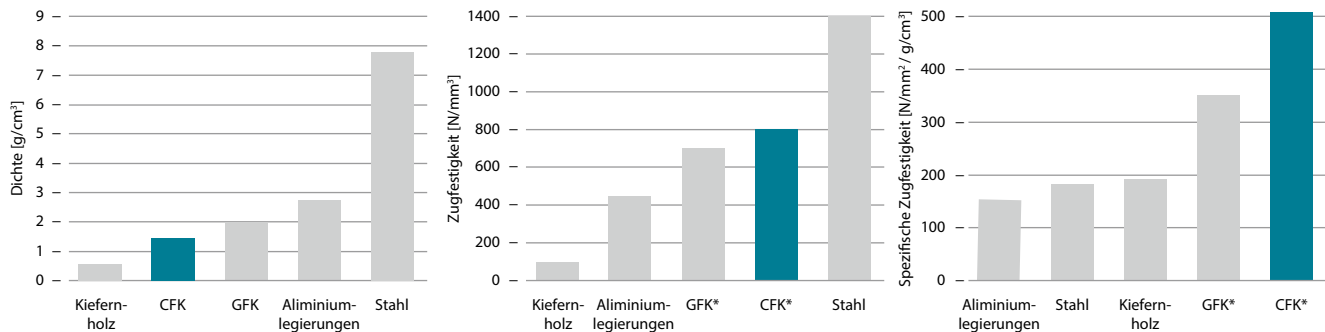


Bild 2 Die Eigenschaften faserverstärkter Kunststoffe im Vergleich zu Stahl, Aluminium und Holz (\* Faserorientierung  $0^\circ \pm 45^\circ = 1/1$ ) (© SGL Carbon)

wann der spezifische Energieinhalt von Batterien vergleichbar zu dem der aktuell üblichen Treibstoffe Benzin und Diesel sein wird.

Eine weitere Möglichkeit, den Aktionsradius eines Fahrzeuges zu erweitern, ist, den Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeuges zu erhöhen und somit den Verbrauch zu senken. Neben Optimierungsmaßnahmen am Antriebsstrang müssen dazu die Fahrwiderstände reduziert werden. Hier spielt das Gewicht eines Fahrzeuges eine große Rolle. Leichtbau ist daher nicht nur bei elektrifizierten Fahrzeugen, sondern auch bei konventionell angetriebenen Autos mit Verbrennungsmotoren wichtig, um die Effizienz zu steigern. So senkt eine Gewichtseinsparung von 100 kg die CO<sub>2</sub>-Emission um etwa 10 g/km beziehungsweise den Verbrauch um bis zu 0,45 l/100 km. Durch Sekundäreffekte kann in der Folge bei weiteren Komponenten und Baugruppen das Gewicht um bis zu 37 kg reduziert und die Gewichtsspirale umgekehrt werden. Dieser Effekt nennt sich Downsizing. Bei Elektrofahrzeugen ist darüber hinaus eine Reduktion der Batteriekosten um etwa 5 % zu erwarten [2]. Weiterhin wirkt sich ein niedriges Gewicht zusätzlich positiv auf die Fahrdynamik aus.

Bei Elektroautos kann unter anderem das hohe Gewicht der Batterie und des notwendigen Schutzgehäuses durch Leichtbau zumindest teilweise kompensiert werden, um die Fahrzeuge effizient zu gestalten und dem Fahrer möglichst große Reichweiten zu ermöglichen. Dabei ist es nicht ausreichend, das Gewicht des Gehäuses zu reduzieren. Um den Betrieb eines Elektroautos auch langfristig so zuverlässig und sicher wie möglich zu gestalten, müssen zum Beispiel

Themen wie Brandschutz, Steifigkeit, Dichtigkeit, Thermomanagement, elektromagnetische Verträglichkeit und Korrosionsschutz betrachtet werden.

### Maßgeschneiderte Gehäuse dank Baukastenprinzip

Batteriekästen für Elektroautos werden aktuell überwiegend aus Aluminium und Stahl hergestellt. Im Vergleich dazu ist ein Batteriegehäuse aus Faserverbundkunststoff (FVK), Bild 1, bei vergleichbaren mechanischen Eigenschaften um bis zu 40 % leichter, Bild 2.

Ausschlaggebend für die guten Eigenschaften des FVK-Gehäuses ist vor allem die Konstruktion von Bodenplatte und Deckel: ein Sandwichkern – zum Beispiel aus PET, EPDM, Aluminiumschaum oder ähnlichen Werkstoffen – wird dabei mit verschiedenen Lagen aus Carbonfaser- und/oder Glasfasertextilien kombiniert. Hierfür können je nach Bedarf Gelege, Gewebe oder Vliese zum Einsatz kommen, Bild 5. Die Verarbeitung erfolgt in einem automatisierten Pressver-

fahren und unter Verwendung von schnellhärtenden duroplastischen Harzen. Dadurch lassen sich auch hohe Stückzahlen in hoher Qualität herstellen, Bild 3.

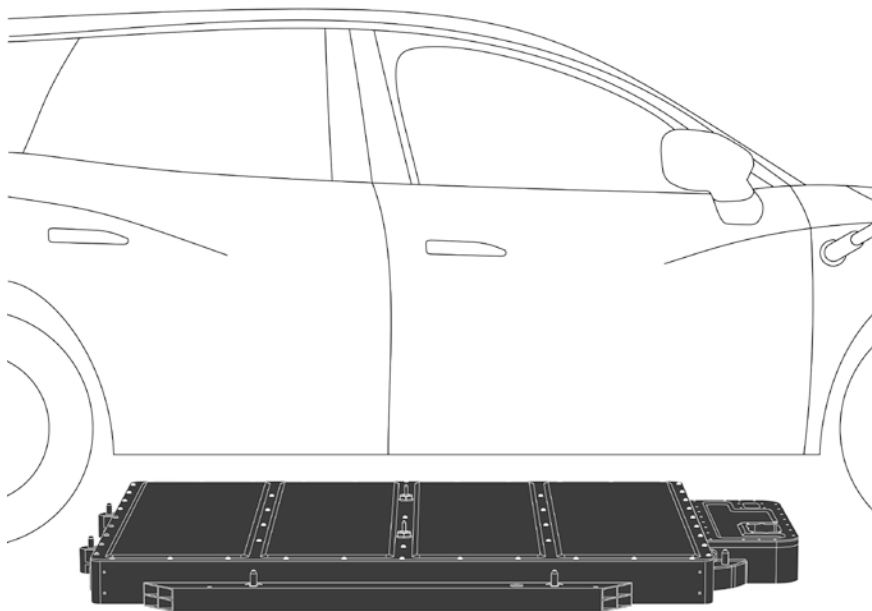
Passend zu den Anforderungen der jeweiligen Applikation können die Materialien flexibel miteinander kombiniert werden. Die besondere Festigkeit der textilen Lagen in Zugrichtung der Fasern kann dabei durch entsprechende Orientierung der Lagen besonders gut zur lastpfadgerechten Konstruktion der Bauteile verwendet werden und führt zu besonders effizienter Materialausnutzung.

### Batteriegehäuse für Elektrofahrzeuge

Die Steifigkeit der Bauteile ist stark abhängig vom verwendeten Sandwichtaufbau. Aluminiumbauteile können durch CFK-Bauteile in der Regel bauraumneutral substituiert werden. Gegenüber Stahl ergeben sich zwar geringfügig höhere Wandstärken, die höhere spezifische Steifigkeit führt aber im Belastungsfall zu geringeren Verformungen.



Bild 3 Die Wertschöpfungskette von SGL Carbon reicht von der Faser, über das Prepreg bis zum fertigen Bauteil (© SGL Carbon)



**Bild 4** Batteriekästen von reinen Elektrofahrzeugen besitzen meist eine flächige Konstruktion und dienen neben der Einhausung der Batteriemodule zur Versteifung der Karosserie (© SGL Carbon)

Dadurch kann auch in diesem Fall häufig bauraumneutral konstruiert werden. Die Steifigkeit des Batteriegehäuses ist besonders wichtig, weil es beim Großteil der Elektroautos einen wichtigen Beitrag zur Gesamtsteifigkeit der Rohkarosserie leistet und ein tragendes Element der Fahrzeugstruktur ist, **Bild 4**.

Zusammen mit der entsprechenden Integration in das jeweilige Fahrzeug und beispielsweise kombiniert mit Hohlkammerprofilen aus Aluminium wird das Konzept auch gängigen Craschanforderungen gerecht. Das Batteriegehäuse hält so der Belastung durch die üblichen Frontal- oder Heckaufpralltests, wie auch den durchaus kritischen Seitenaufprall-Szenarien stand.

Zusätzlich hat die hohe spezifische Steifigkeit der faserverstärkten Komponenten bei gleichzeitig geringem Gewicht und guten Dämpfungseigenschaften einen positiven Einfluss auf das NVH (engl.: Noise, Vibration, Harshness)-Verhalten der Fahrzeuge.

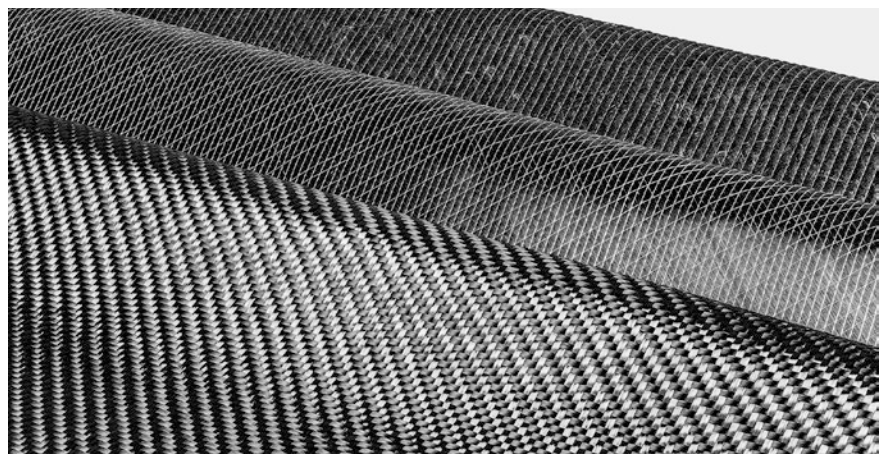
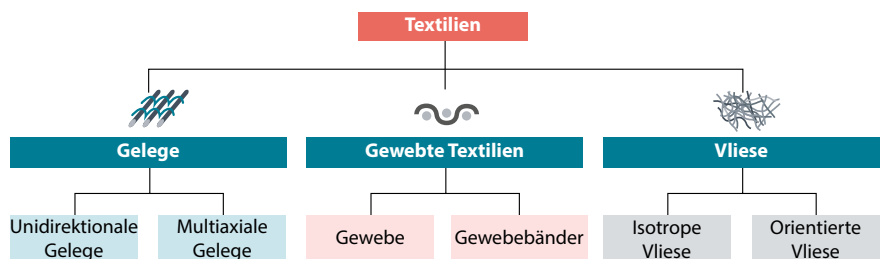
### Thermomanagement und Brandschutz

Ein weiterer Vorteil ist die geringe Wärmeleitfähigkeit von faserverstärkten Kunststoffen. Mit Carbonfaserverstärkung ist sie im Vergleich zu Aluminium etwa 200-fach geringer. Häufig macht sie eine zusätzliche

Isolierung der Batterie überflüssig und schirmt sie besser gegen Kälte und Hitze ab als klassische metallische Gehäusekonzepte. Die optimale Betriebstemperatur der heute gängigen Lithium-Ionen-Zellen liegt

im Bereich zwischen 10 und 40 °C, sodass in vielen Betriebszuständen eine aktive Beheizung beziehungsweise Kühlung der Batterie notwendig ist. Bei Verwendung von FVK-Materialien muss für diese Klimatisierung auf Grund der isolierenden Wirkung des Materials weniger Energie aufgewendet werden als bei anderen Konzepten. Dies erhöht die Effizienz des Fahrzeugs weiter und senkt den Gesamtenergieverbrauch.

Die niedrige Wärmeleitfähigkeit ist neben der positiven Auswirkung auf das Thermomanagement auch eine gute Voraussetzung für einen wirksamen Brandschutz. Dieser kann durch Additive noch verbessert werden und Prüfungen wie zum Beispiel nach UL94-V-0 und UL94-5VB werden leicht bestanden. Zusätzlich wurden zu diesem Thema interne Vergleichstests an Probeplattenmaterial durchgeführt. Mit einem Bunsenbrenner mit einer Flammentemperatur von etwa 800 °C wurde im Abstand von wenigen Zentimetern die Vorderseite einer Musterplatte beflammt und gleichzeitig die Temperatur gemessen, die sich auf der nicht beflamten Rückseite einstellt. Dieser



**Bild 5** Textile Halbzeuge für die Batteriekastenfertigung: skizziert (oben) und als Halbzeug (unten) (© SGL Carbon)

## Vorteile eines Batteriegehäuses aus Faserverbundkunststoff

- ▶ Gewichtseinsparung
- ▶ Schaffung von Bauraum oder Erhöhung der Sicherheit
- ▶ Erhöhter Brandschutz
- ▶ Verbessertes Thermomanagement
- ▶ Keine Korrosion
- ▶ Hohe elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
- ▶ Automatisierte Serienfertigung in Automotivequalität und -stückzahl möglich
- ▶ Attraktive Leichtbaukosten

Versuch wurde durchgeführt an Mustern aus Stahl, Standard-Duroplast-Verbundmaterial und Sandwichmaterial mit zusätzlichen Additiven für den Brandschutz. Aluminium wurde bei diesem Test nicht berücksichtigt, da bereits bei einer Temperatur von 660 °C der Schmelzpunkt dieses Materials erreicht wird.

Es ergaben sich folgende Temperaturen auf der nicht beflamten Rückseite:

- ▶ Stahl: etwa 750 °C nach 30 s
- ▶ Standard-Duroplast-Harz-Verbundwerkstoff: etwa 550 °C nach 60 s
- ▶ SGL Carbon-Sandwichaufbau mit Additiven: etwa 350 °C nach 180 s, Bild 6.

Diese Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen für Batteriegehäusen auch mit Blick auf das Thema Brandschutz möglich ist. Das Material ist selbstverlöschend, hemmt den Brandfortschritt und leitet die beim Abbrand einer Batteriezelle

entstehende extreme Hitze nur eingeschränkt an benachbarte Bauteile und den Fahrzeuginnenraum weiter, sodass Passagiere und Rettungskräfte dadurch im Notfall kostbare Zeit gewinnen.

### Erfüllen weiterer Anforderungen

Das Batteriegehäusekonzept in Sandwichbauweise von SGL Carbon erfüllt zudem weitere Anforderungen. Wie für Kunststoffe typisch, werden Erwartungen an die Korrosionsbeständigkeit gut erfüllt. In dieser Hinsicht möglicherweise kritische Stellen können außerdem über den Einsatz von Glasfaserlagen und entsprechenden Abdichtungen entschärft werden.

Eine grundlegende elektromagnetische Abschirmung kritischer Bereiche kann durch die Verwendung von Carbonfaser-

vliesen erreicht sowie über die Anzahl der Lagen und den Faservolumengehalt an die Anforderungen der jeweiligen Applikation angepasst werden [3].

Zudem bieten Faserverbundmaterialien auch die Möglichkeit der Funktionsintegration. Das heißt, es können zum Beispiel einzelne Bereiche innerhalb eines Bauteils verstärkt, Befestigungs- und Verbindungselemente angebracht oder aber auch Sensorik integriert werden.

### Zusammenfassung

Das richtige Material an der richtigen Stelle – nach diesem Leitsatz kann je nach Vorstellung des Kunden oder Anforderung des Projekts nach dem Baukastenprinzip für den spezifischen Anwendungsfall eine maßgeschneiderte Lösung entwickelt und produziert werden. Der Einsatz von Verbundwerkstoffen in Elektrofahrzeugen führt zu hoher Produkt- und Systemeffizienz. Insbesondere der Einsatz von Hochleistungs-carbonfasern in Batteriegehäusesystemen verhilft den Fahrzeugen zu besseren dynamischen Fahrleistungen und einer höheren Reichweite.

Der chinesische Automobilhersteller Nio hat bereits in Zusammenarbeit mit SGL Carbon Prototypen für Batteriegehäusen aus Carbonfaser-verstärktem Kunststoff für Hochleistungs-Elektrofahrzeuge entwickelt. Darüber hinaus arbeitet SGL Carbon mit verschiedenen Partnern an der weiteren Entwicklung von unterschiedlichen Batteriegehäusen aus Verbundwerkstoff, die zukünftig für Batterien von Elektroautos jeder Größe und Bauweise skalierbar sein sollen.

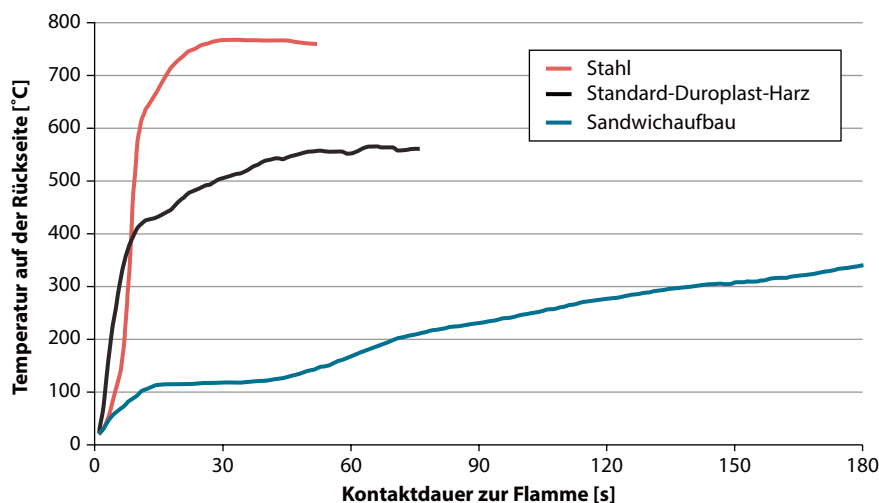


Bild 6 Thermische Leitfähigkeit im Flammtest (© SGL Carbon)

### Literaturhinweise

- [1] Index Elektromobilität 2018. Roland Berger – Automotive Competence Center & Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen. Online: [https://www.fka.de/images/publikationen/2018/Roland\\_Berger\\_E-Mobility-Index\\_2018\\_D\\_final.pdf](https://www.fka.de/images/publikationen/2018/Roland_Berger_E-Mobility-Index_2018_D_final.pdf), aufgerufen am 23.10.2019
- [2] Trautwein, T.; Henn, S.; Rother, K.: Gewichtsspirale – Stellhebel in der Fahrzeugauslegung. In: ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 113 (2011), Nr. 5
- [3] Lu, L.; Xing, D.; Teh, K. S.; Liu, H.; Xie, Y.; Liu, X.; Tang, Y.: Structural effects in a composite nonwoven fabric on EMI shielding. In: Materials & Design 120 (2017), S. 354-362