

Bild 1: Aufbau der E-Mobilitätsnachbildung mittels eines elektromotorischen Antriebstandes bei der magnetischen Feldstärkemessung.

Bilder und Tabelle: IMG Electronic & Power Systems

### CFK-Multilayerabsorberschirmung in einem weiten Frequenzbereich

# Neuartige EMV-Schirmung aus Multilayer CFK für E-Mobilität

Elektronische Systeme leiden bei hohen Frequenzen unter „Resonanzkatastrophen“, bei denen die EMV-Schirmdämpfung stark einbricht. Ein neuartiger CFK-Multilayerabsorber mit magnetischen Füllstoffen reduziert Resonanzen deutlich und verbessert die Schirmdämpfung über kHz- bis GHz-Bereiche, nachgewiesen in E-Mobilitätsanwendungen.

**D**ie ständige Zunahme von Frequenzen und Bandbreiten der Störsender macht es vor allem in sensiblen technischen Bereichen erforderlich, neue und effektivere Schirmungen zu entwickeln.

Bei den Schirmeffekten durch Reflektion, bei welchen der elektrischen Leitfähigkeit eine herausragende Rolle zukommt, spielt die Absorption elektromagnetischer Wellen eine untergeordnete Rolle. Die multiple Reflektionsdämpfung wirkt unter bestimmten Bedingungen ebenso.

Diese Schirmeffekte haben jedoch bei rein metallischen Schirmen auch große Nachteile, es sinkt mit steigender Frequenz die Schirmdämpfung und es gibt die Schirmdämpfungsresonanzeinbrüche. In vielen Anwendungsbereichen, Kfz-Technik, E-Mobilität, PC-Technik, Gbit-Switch-Technik, Bahnelektronik, Funkanwendun-

gen WLAN, Multimediageräte, Medizintechnik, Industrie PC, 5G / 6G Kommunikation und Luftfahrt, spielen diese Nachteile der heutigen ausschließlich leitfähigen Schirmaufbauten eine große Rolle.

Am Beispiel eines metallischen Steckers werden die Nachteile der heutigen Metallschirme und die Lösungsmöglichkeit der Schirmprobleme dargestellt. In Bild 2 ist die Schirmdämpfung eines Metallsteckers zu sehen. Die Messung wurde im Absorberraum der IMG realisiert. Eindeutig sind hier die Resonanzen in der blauen Kurve bei 1300 MHz, 1480 MHz, 1570 MHz zu sehen.

Bei diesen realen „Resonanzkatastrophen“ bricht die Schirmdämpfung von 43 dB bei 1050 MHz auf 22 dB bei 1300 MHz ein. Viele metallische Schirmungen von kommerziell erhältlichen Produkten besitzen diesen Nachteil der sinkenden Schirmdämpfung und der Resonanz-

#### Autoren

Frank Gräbner,  
Leiter EMV Forschung  
Entwicklung und Test bei IMG  
Electronic & Power  
Systems  
Dr. Erik Wächtler,  
Cetex Institut  
Juliane Voigt,  
Steinbeis Innovationszentrum

minima, wobei Hohlraumresonanzen hierfür verantwortlich sind.

Bisher werden hauptsächlich metallische Schirme verwendet. Im Leichtbaubereich finden häufig Carbonfasern als leitfähige Füllstoffe Verwendung und werden bereits zur EMV-Schirmung eingesetzt. Um die erläuterten Probleme zu vermeiden, ist ein neuartiger Ansatz zum Materialdesign notwendig, bei dem die leitfähigen Schichten mit magnetischen Schichten kombiniert werden.

Durch Einarbeitung geeigneter Füllstoffe in die Kunststoffmatrix sollte es gelingen, die Raumresonanzen zu glätten und somit die Dämpfungseinbrüche entscheidend zu minimieren. Dadurch ist dem Anwender ein neuartiges Material der Schirmung zur Verfügung gestellt, das die Nachteile der vorhandenen EMV-Kunststoffe minimiert und die Gesamtanordnung EMV-CE-kompatibel gestaltet, auch bei höheren Frequenzen.

### Geometrieaufbauten neuer CFK-Multilayerstrukturen

Um leitfähige Carbonfaserschichten herzustellen, wurden CF/Polypropylen-Hybridvliese mit 45 Prozent CF-Gehalt zu Plattenhalbzeugen verpresst. Magnetische Füllstoffe wurden mit dem gleichen Füllgrad in eine Polypropylenmatrix compounding und das erhaltene Granulat ebenfalls zu Plattenhalbzeugen verpresst. Durch Kombination dieser leitfähigen und magnetischen Schichten wurden Multilayerhalbzeuge erhalten, die anschließend zu Gehäusen umgeformt werden konnten (siehe Bild 3). Anwendungen im E-Mobilitätsbereich waren hierbei im Fokus.

### Ergebnisse der Schirmdämpfung

Die in Bild 4 dargestellten Messergebnisse stellen eindrucksvoll das Potential des neuen Materialsystems dar.

Die „EMV-Schirmdämpfungskatastrophen“ nach Schwab/Kürner, oder Schirmdämpfungsresonanzen, in denen die Schirmung extrem stark abnimmt, sind dem Referenzmaterial aus reinen CFK-Schichten (graue

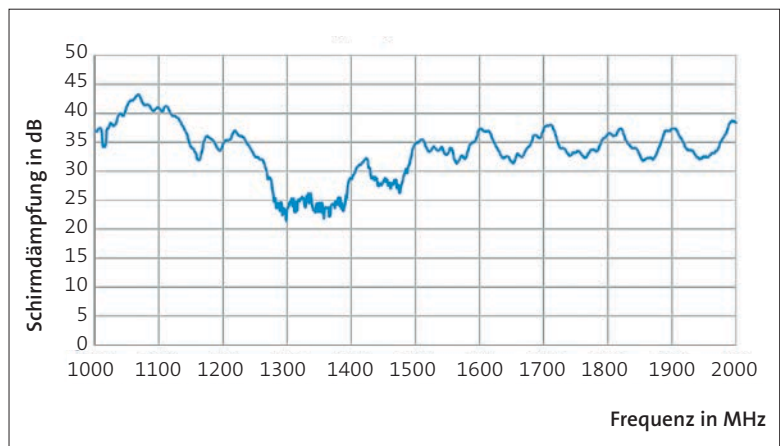


Bild 2: Schirmdämpfung eines Metallsteckers.

Kurve) bei den Frequenzen 620 MHz, 680 MHz, 720 MHz, 790 MHz und 830 MHz zu finden. Das Multilayermaterial (orange Kurve, innen Absorberschicht/außen leitfähige CFK-Schicht) dämpft diese schädlichen Schirmeinbrüche signifikant und erhöht die Gesamtschirmdämpfung.

In einem breiten Frequenzbereich können teilweise breitbandig sehr gute Verbesserungen der Schirmdämpfung um +10 bis +15 dB mit dieser neuen Schirmphilosophie erreicht werden. Durch die im Inneren angeordneten Absorberlayer erhöht sich die Schirmdämpfung stark und eine hohe Minimierung der Resonanzeinbrüche findet statt. Nachteilig sind ein notwendiger Materialeinsatz und eine gewisse geringe Erhöhung des Gewichtes der Schirmanordnungen.

Mit dem Nachweis der Messkurven in Bild 2 konnte die These bewiesen werden, dass der Einsatz von neuartigen CFK-Multilayern einen sehr positiven Effekt auf die Schirmung bewirkt. Dadurch können EMV-Störungen, welche sich vom kHz- bis MHz-Bereich und vom MHz- bis GHz-Bereich ausbreiten, minimiert werden.

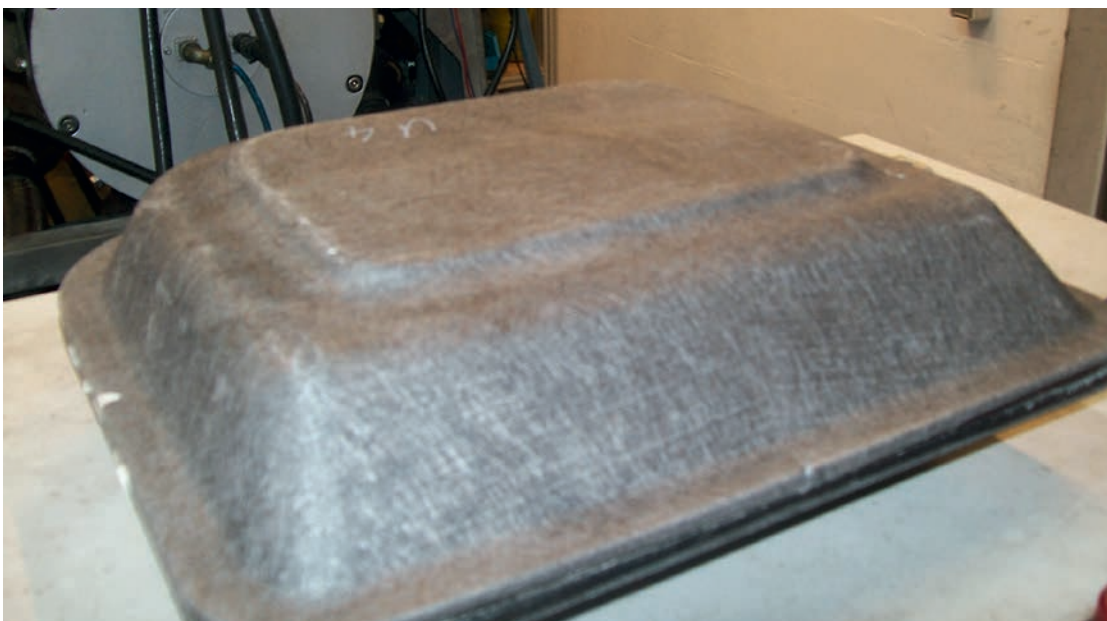


Bild 3: Neuartiges CFK-Multilayer-system als realer Gehäuseaufbau für E-Mobilitätsanwendungen. Herstellung: ASGLAWO technofibre (ehem. ASGLAFORM composites).

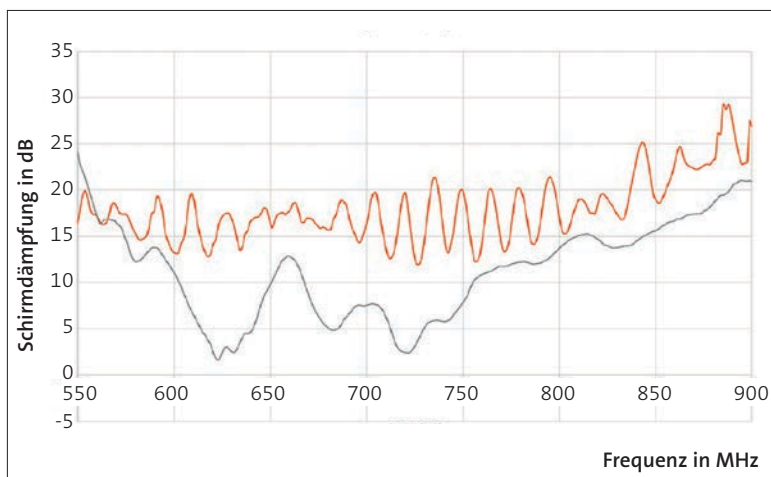


Bild 4: Absorberraum VG-Messung des Multilayers (orange) vertikal 550 - 900 MHz mit Vergleich zum reinen CF-Material (grau).

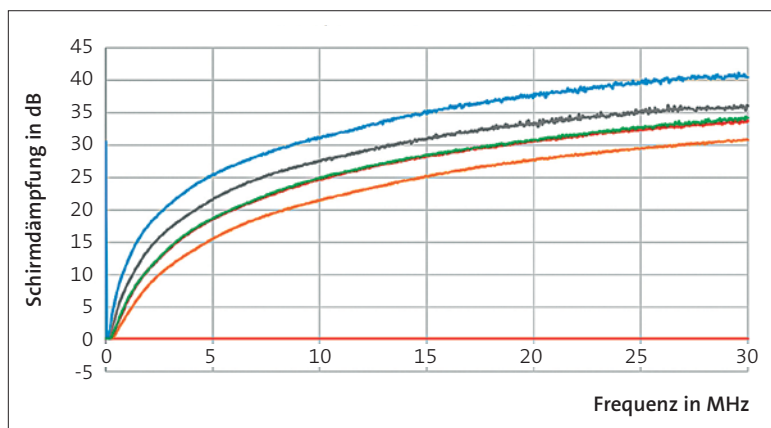


Bild 5: Magnetische Schirmwirkung von CFK-Monolayer (grün) im Vergleich zu CFK-Multilayermaterialien (blau, grau, orange, gelb) und Materialien ohne EMV-Schutz (rot).

Weiterhin wird mittels einer Messung der Schirmdämpfung von 550 MHz bis 900 MHz am neuen Multilayer-CFK-Aufbau nach VG-Norm 95373/T15 der Nachweis der neuen EMV-Schirmkonzepte weiter validiert.

### Messergebnis bei E Mobilitätsanwendungen

Laut Veröffentlichung der deutschen Strahlenschutzkommission wird das induktive Laden in einem Frequenzbereich von rund 20 bis 200 kHz definiert. Beim Automotiveneinsatz werden Feldleistungsübertragungen bei Bussen von 200 kW realisiert. Aber außer den induktiven Ladefrequenzen sind auf den Stromleitungen in den Leitungsnetzen des E-Fahrzeuges viele Störfrequenzen und Funkstörungen vorhanden.

Somit sind CFK-Multilayermaterialien einerseits für die Abschirmung im kHz-Bereich notwendig, aber andererseits auch im Frequenzbereich von MHz bis 1 GHz. Im Folgenden soll der praktische Messaufbau der Versuchsanordnungen erläutert werden.

Schirmung einer E-Mobilitätsnachbildung im Frequenzbereich 9 kHz bis 30 MHz: Der Messaufbau einer E-Fahrzeugnachbildung mit einer elektromotorischen

Prüfstandslösung wurde in der IMG mit und ohne CFK-Multilayer getestet. Es wurde mittels magnetischer Rahmenantennen und mit EMV-Messempfängern die magnetische Funkstörfeldstärke mit und ohne Schirmung an der E-Mobilitätsnachbildung ausgemessen. Die Frage sollte beantwortet werden, inwiefern ein CFK-Multilayerschirm bessere Ergebnisse liefert, als ein Schirm aus reinen CFK-Materialien.

In Bild 5 wurde die magnetische Schirmwirkung eines CFK-Multilayerwürfelgehäuses im Absorberraum nach VG-Norm ausgemessen. Die bessere Wirksamkeit der Multilayermaterialien gegenüber dem Monolayermaterial in der magnetischen Schirmwirkung ist eindeutig zu erkennen. In Bild 1 ist die E-Mobilitätsnachbildung abgebildet.

In den Messkurven in Bild 6 ist die Störfeldverteilung vor und nach dem Einsatz der Teilschirmungen zu sehen. Es ist eindeutig die positive Schirmwirkung von rund 15 dB zu erkennen. Somit ist diese Geometrie, neben der eigentlichen Schirmwirkung, auch ein Beitrag zur EMVU in der Elektromobilität.

Ohne Multilayerschirm sind eindeutige Störfeldstärken bei 0,4 MHz mit 62 dB  $\mu$ A / m und bei anderen Frequenzen zu sehen. Mit Schirm sind die Amplituden der Störer stark gedämpft, dies im Vergleich zwischen blauer und grauer Kurve zu sehen. Beim Einsatz der Multilayerschirmmaterialien gegenüber der Störfeldstärke ohne Schirm ist eine Dämpfung von 10 – 15 dB erkennbar. Beim Einsatz des CFK-Monolayermaterials nur rund 8 dB. Somit wirkt der CFK-Multilayerschirmaufbau besser als der CFK-Monolayerschirmaufbau.

### Fazit

Mit dem neuen CFK-Multilayerabsorberrahmenaufbau von EMV-Störquellen besitzen diese Teilschirm- und Schirmaufbauten den Vorteil größerer Schirmdämpfungen in einem Frequenzbereich > 100 kHz bis 1000 MHz und den Vorteil der Minimierung der Schirmresonanzen. „Schirmdämpfungskatastrophen“ (Einbruch der Schirmdämpfung auf Grund der Geometrieresonanzen leitfähiger technischer Anordnungen wie Gehäuse) werden somit weitgehend vermieden. Der Nachteil der größeren Anzahl an Materialarten und der gewissen Gewichtserhöhung wird gerechtfertigt durch die sehr guten elektromagnetischen Schirmeigenschaften.

Ein eindeutiger Vorteil der Anwendung eines neuartigen CFK-Multilayergehäuseaufbaus ist die Dämpfung der Schirmdämpfungsresonanzen (Einbrüche) um 15 dB (Bild 4) und die Erhöhung der Gesamtschirmdämpfung. Dies ist mit Metallschirmen schwer möglich.

Mit den CFK-Multilayern war ebenso eine Dämpfung der magnetischen Funkstörfeldstärke von rund 15 dB gegenüber der Dämpfung der magnetischen Funkstörfeldstärke von rund 8 dB, in der E-Mobilitätsnachbildung (elektromotorischer Prüfstand) möglich.

Das neue Schirmdämpfungsverfahren und das neue Zusatzprodukt (CFK-Multilayer) werden in Zukunft bei noch höheren Frequenzen > 1000 MHz die Schirmcharakteristik von realen E-Mobilitätsaufbauten weiter verbessern. Gerade in den Höchstfrequenzbereichen wie WLAN, 5G, 6G werden die Probleme der Schirmdämpfungsresonanzen noch weiter zunehmen. Auch bei den heute meist wirksamen Frequenzen im Bereich von

100 MHz bis 1000 MHz wirken die neuen Schirmkonzepte herausragend. Diese Schirmdämpfungsabsenkung ist mit dem neuen CFK-Multilayersystem größtenteils veränderbar.

Es können Teilschirmungen in der Elektromobilität in der Nähe der Sendespulen/Empfangsspulen, im E-Fahrzeug innerhalb der Sensor- oder Elektronikaufbauten sowie bei Teilauskleidungen der Gehäuse hilfreich sein, ebenso wie die Auskleidung von Kabeln, Steckverbindern und Steckern, bzw. Leitungen.

Der beschriebene praktische Aufbau der neuartigen CFK-Multilayersysteme kann die EMV-Sicherheit außerhalb und innerhalb des E-Mobils erhöhen. Dies stellt dem Anwender eine stark erhöhte Schirmdämpfungsstufe zur Verfügung.

Vorteile von neuartigen CFK-Multilayerabsorberschirmungsmaterialaufbauten sind:

- Hohe Aufbaufreiheit
- Minimierung von Schirmdämpfungseinbrüchen
- Einfache Bearbeitung
- Eindeutige Schirmeigenschaften unabhängig von Schwankungen

#### Ausblick

Somit wurde eine intelligente Schirmung der Zukunft für die E-Mobilität geschaffen. Ein erweitertes Potential besitzt das neue Schirmmaterial, neben den dargestellten Frequenzbereichen von 100 kHz bis 30 MHz und

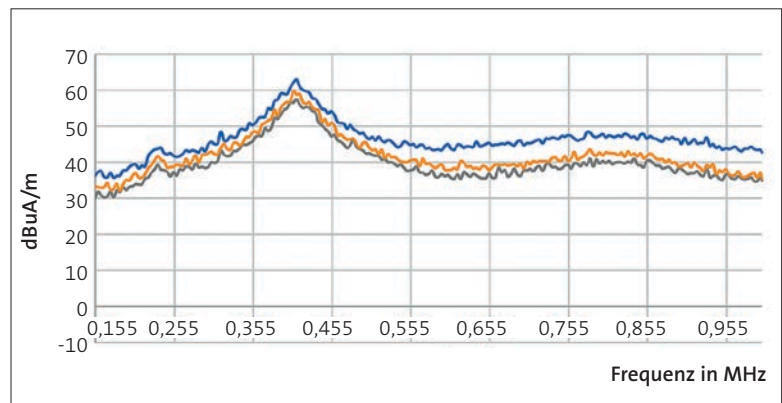


Bild 6: Messkurven der magnetischen Störfeldstärke ohne (blau) und mit CFK-Multilayerschirmanordnung (gelb und grau).

500 MHz bis 1000 MHz, auch für die neuen Anwendungsbereiche der KI, VR, AR, der Radarsteuerung der Sensorik in der Industrie, Industriefunk, in den Frequenzbereichen 5 bis 8 GHz, 26 GHz und in höheren Frequenzbereichen der 5G/6G-Kommunikation. Hier wird der Aufbau der Materialien aber anders zu realisieren sein.

Dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz wird für das geförderte Vorhaben im Rahmen des ZIM Innovationsnetzwerkes herzlich gedankt. (bs) ●

## STRONGER FASTER SMARTER



## EMV-Herausforderungen gehören der Vergangenheit an

Die steckbare 360° EMV-Kontaktlösung macht die **EVolution EMC** zur besten Kabelverschraubung ihrer Klasse. Die innovative Konstruktionsweise garantiert **hohe Prozesssicherheit, höchste Stromtragfähigkeit und EMV-Schirmdämpfung, Temperaturbeständigkeit** und eine **lange Lebensdauer**. Schluss mit EMV-Problemen! Die schockgeprüfte **EVolution EMC** erfüllt die Schutzarten IP68 und IP6K9K und ist geeignet für die Durchführung von Hochvoltkabeln mit Kupferflechtschirm.

- Freie Wahl des Kabelherstellers oder Konfektionärs
- Hohe Verarbeitungs-Prozesssicherheit bei Vorkonfektion und Endmontage
- Aussergewöhnliche EMV Schirmdämpfung, auch bei hohen Frequenzen ( $\geq 86$  dB)
- Umweltfreundlich durch bleifreies Messing (RoHS)
- Höchste Schirmstromtragfähigkeit mit 360° Schirmabgriff
- Reduziert die Total Cost of Ownership (TCO) durch hohe Zuverlässigkeit (geringere Ausfallzeiten, Rückrufaktionen und Wartungskosten)



Weitere  
Informationen