

## EMV-Untersuchung bei Elektroautos: Erfahrung und optimale Prüfstände sind notwendig

Störfrequenzen von Hochvolt-Elektro- und Elektronikkomponenten können durch bestimmte Kopplungspfade in völlig andere Fahrzeugpartien ausstrahlen. Um die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) in elektrisch angetriebenen Fahrzeugen sicherzustellen, sind deshalb umfassende Schutzmaßnahmen weit über die Hochvoltkomponenten hinaus erforderlich. Hier einige Hinweise worauf Entwicklungsingenieure bei der Auswahl eines Prüf- und Kalibrierlabors achten sollten, wenn es um EMV geht.

---

»Für die Messungen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) ist Spezialisten-Wissen notwendig. Mit dem Wissen der Fachleute in den Laboren rund um die EMV-Messungen erreichen die Projekte besser und schneller das Ziel. Außerdem ist eine fachlich fundierte und faire Beratung bei den Untersuchungen wichtig. Deshalb haben etablierte Labore den Anspruch, rund um die Projekte umfassend und seriös zu beraten. Dies beginnt mit einfachen Tipps für die kleinen Herausforderungen des Arbeitsalltags und reicht über die begleitende Beratung bei einem Mess- oder Entwicklungsauftrag bis hin zu vertraglich geregelten Beratungsleistungen.«

---

**D**ie Mooser EMC Technik GmbH in Ludwigsburg und das Schwesterunternehmen Jakob Mooser GmbH in Egling bei München haben das periodische Audit zur DIN EN ISO/IEC 17025:2018 erneut erfolgreich bestanden. Die DIN EN ISO/IEC 17025:2018 legt die allgemeinen Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien fest. Mit dem positiv absolvierten Audit wurde erneut der Nachweis erbracht, dass in beiden Labors gleichbleibend verlässliche, reproduzierbare und vertrauenswürdige EMV-Labormessungen sowie Ergebnisse erreicht werden.

Außerdem hat die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) beiden Unternehmen die fachgerechte Umsetzung zahlreicher weiterentwickelter und neuer Normen der vergangenen Jahre bestätigt. So dürfen beispielsweise

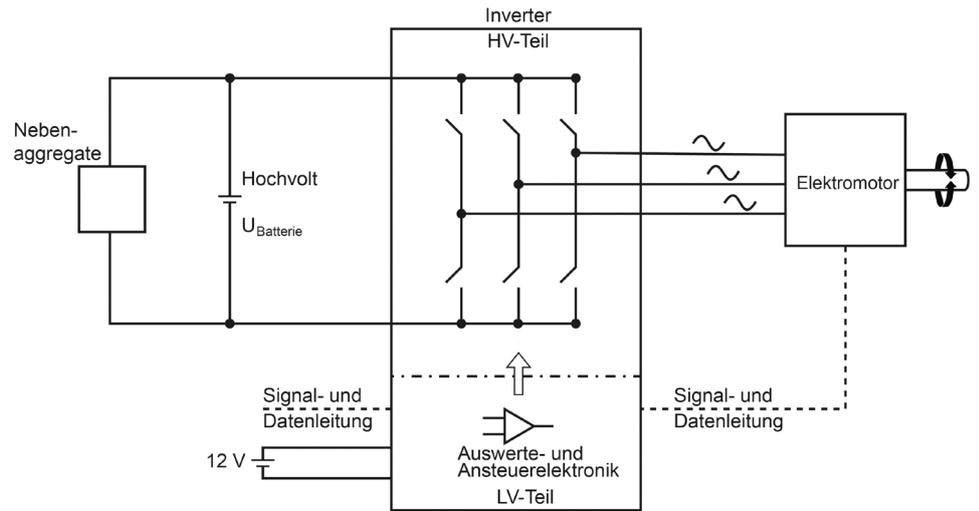
Messungen gemäß der allgemeinen Normen ISO/TS 7637-4 (Electrical transient conduction along shielded high voltage supply lines only) und ISO 10605 (Prüfverfahren für elektrische Störungen durch elektrostatische Entladung) in den aktuellsten Versionen durchgeführt werden. Außerdem wurden zahlreiche weiterentwickelte oder neue OEM-spezifische Normen adaptiert, etwa von Fiat Chrysler (Stellantis), General Motors, Ford, Hyundai, MAN/Scania, Mazda, Mercedes-Benz, Renault Nissan, Toyota und Volkswagen.

Diese von unabhängiger Stelle zertifizierte Fachkompetenz ist ein großer Vorteil für die Kunden. Wissen doch die Ingenieure in einem auditierten Prüf- und Kalibrierlaboratorium aus eigener Erfahrung genau, wo bei einer Zertifizierung oder Serienfreigabe »der Schuh drückt« und wie diese Aufgaben effektiv, praxisgerecht und schnell

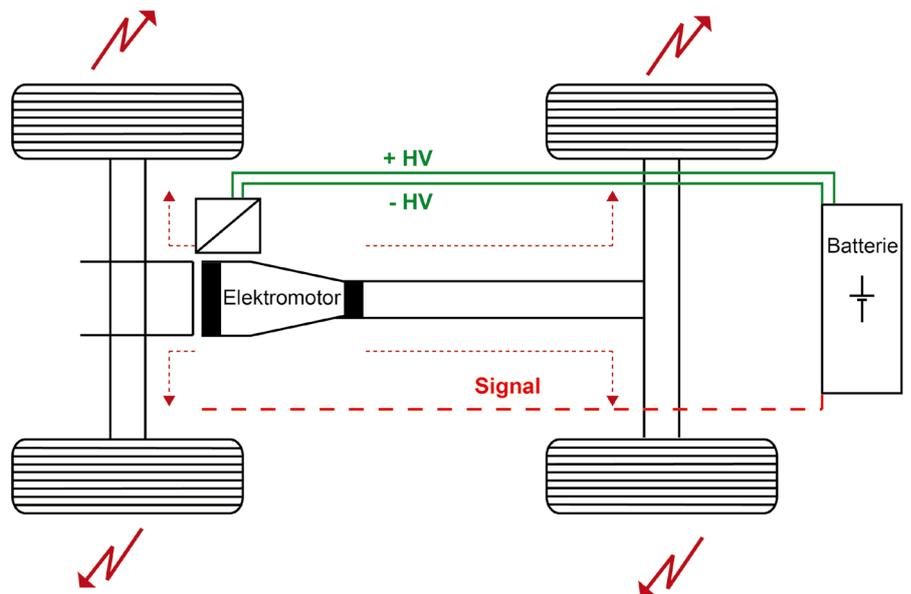
gelöst werden. Die EMV-Beratung und die Typgenehmigung sind zwei wichtige Säulen für die Aktivitäten von Mooser.

### **Für jede Herausforderung den passenden Rat**

Für die EMV-Messungen ist Spezialisten-Wissen notwendig. Mit dem Wissen der Fachleute in den Laboren rund um die EMV-Messungen erreichen die Projekte besser und schneller das Ziel. Außerdem ist eine fachlich fundierte und faire Beratung bei den Untersuchungen wichtig. Deshalb haben etablierte Labore den Anspruch, rund um die Projekte umfassend und seriös zu beraten. Dies beginnt mit einfachen Tipps für die kleinen Herausforderungen des Arbeitsalltags und reicht über die begleitende Beratung bei



Prinzip des Elektroantriebs:  
Die Gleichspannung der Batterie wird durch »zerhacken« in eine 3-Phasen-Wechselspannung mit variabler Frequenz (und damit variabler Drehzahl des Motors) umgewandelt (© Mooser)



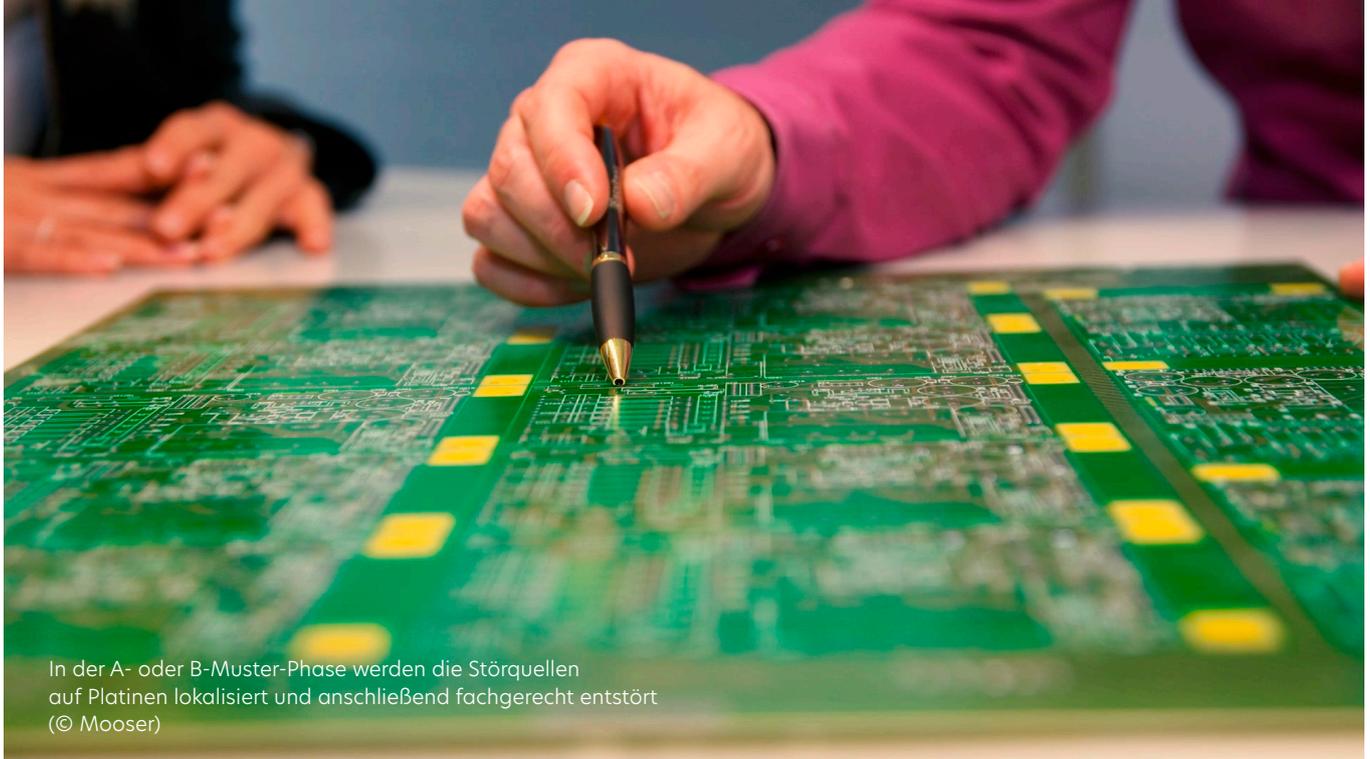
Hochfrequente Störungen des Inverters können über den Elektromotor und das Getriebe bis in die Achsen auskoppeln (© Mooser)

einem Mess- oder Entwicklungsauftrag bis hin zu vertraglich geregelten Beratungsleistungen.

Der oberste Leitsatz bei der elektromagnetischen Verträglichkeit lautet: EMV kann man nicht ins System prüfen, sondern man muss sie von Anfang an ins System entwickeln und konstruieren. Die EMV-Optimierung der Komponenten im Fahrzeug ist zeitraubend und unwirtschaftlich, da die Messungen im fertigen Fahrzeug erst kurz vor Produktionsstart möglich sind. Bei Problemen ist fast keine Zeit mehr für eine Entstörung und Modifikation der Komponenten. Außerdem muss der Prüfling jeweils zeitraubend aus dem Fahrzeug aus- und später

wieder eingebaut werden. Dies führt zu hohem Zeitaufwand und einer Blockade wertvoller Prüfstandkapazitäten. Deshalb empfehlen Insider eine Entstörung von Elektronikkomponenten schon in der A- oder B-Musterphase, weil dann Änderungen technisch einfacher umsetzbar und damit kostengünstiger sind, sowie zeitlich weitgehend unkritisch.

Dabei werden Störquellen auf Platinen lokalisiert und anschließend fachgerecht entstört. Etwa mit einer geänderten Leitungsführung, passgenaueren elektronischen Bausteinen, Filtern oder einer Modifikation des Platinen-Layouts oder der Schaltung. Sehr günstig ist es, wenn diese



In der A- oder B-Muster-Phase werden die Störquellen auf Platinen lokalisiert und anschließend fachgerecht entstört  
(© Mooser)

Arbeiten mit hoher handwerklicher Kompetenz mit dem LötKolben durchgeführt werden. Anschließend wird der Prüfling erneut vermessen. Je nach Ergebnis wird der Störpunkt nochmals bearbeitet oder es wird die nächste Störquelle optimiert. Sobald das provisorische Layout bei den EMV-Messungen alle Anforderungen erfüllt, bekommt es wieder der Kunde, der auf dieser Basis eine modifizierte, neue Komponente aufbaut.

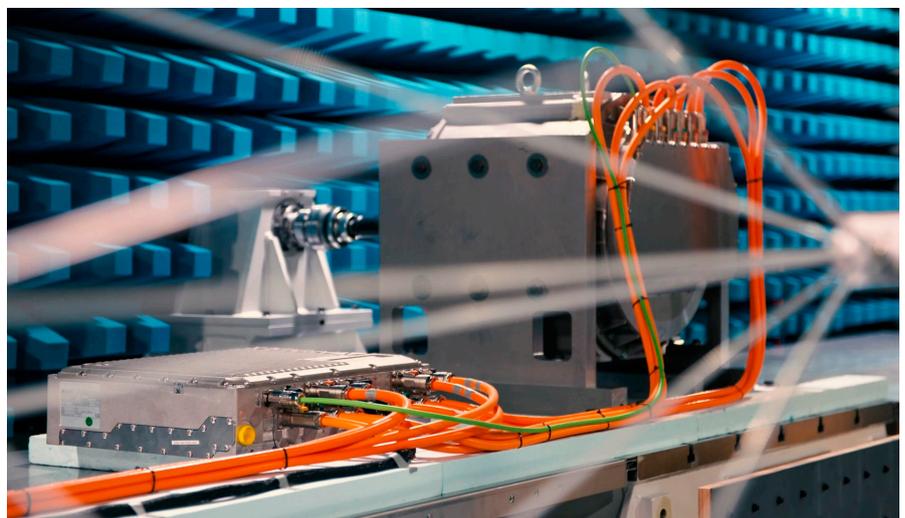
EMV-Messungen bestehen meist aus vielen Messwerten der Elektrik- und Elektronikkomponenten. Mehrwert entsteht aber erst durch die Anwendung auf vor- und nachgelagerte Bereiche: Wie wird eine Komponente vor dem Test optimiert, damit sie bessere Ergebnisse erzielt? Wie wird sie vorbereitet, dass die Tests einfacher und schneller ablaufen können? Wo liegen die Fallstricke und kleinen Stolpersteine, die einen Projekterfolg verzögern können?

Wenn beispielsweise eine Komponente undefinierbare Störfrequenzen aussendet, wird im Dialog nach den Störquellen gesucht, sie werden neutralisiert und der Kunde bekommt Hinweise, wie solche Störquellen von Anfang an vermieden werden können. Auf Anfrage erstellen die Fachleute auch gerne einen Testplan für EMV-Messungen. Oder zeigen beispielsweise bei den Messvorbereitungen, welche Simulation, Peripherie und Anschlüsse für den eigentlichen Messvorgang zur Verfügung stehen sollten.

Falls ein Kunde in Fragen rund um EMV-Phänomene, Messungen, Normen und Regularien noch nicht so sattelfest sein sollte, zeigen sie auf, wie Komponenten am besten für EMV-Messungen vorbereitet werden, erläutern alle Aspekte rund um die Normung und führen Schritt für Schritt durch eine OEM-Qualifikation oder eine Typgenehmigung.

Gute Beratung bei EMV-Messungen ist wichtig, aber natürlich nicht alles. Erst im Verbund mit der Messexpertise und den teilweise einzigartigen Messkabinen wird daraus ein Gesamtangebot, das die Entwicklungsprozesse beschleunigt und die Elektro- oder Elektronikkomponente rascher und zuverlässig zur Serienreife führt.

Blick in eine Messkammer in der Hochvoltkomponenten untersucht werden und ihre EMV-Festigkeit unter Beweis stellen  
(© Mooser)





Als Partner mit langjähriger Erfahrung untersucht Mooser auch die Ladeinfrastruktur auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit (© Mooser)

»Jede Fahrzeugkomponente, die im Straßenverkehr eingesetzt wird, benötigt eine Erlaubnis des Kraftfahrtbundesamts (KBA). Dazu durchläuft sie die sogenannte Typgenehmigung. In diesem Procedere wird geprüft, ob die Komponente sach- und fachgerecht entwickelt wurde und den geltenden Vorschriften entspricht.«

Dieses einzigartige Serviceangebot schließt auch den persönlichen Kontakt mit ein. Als Berater fungiert bei Mooser immer ein erfahrener Ingenieur, der das Projekt vom Anfang bis zum Ende begleitet. Er ist Ansprechpartner und koordiniert intern alle für den Projekterfolg erforderlichen Dienstleistungen.

## Typgenehmigungen durch Technischen Dienst

Jede Fahrzeugkomponente, die im Straßenverkehr eingesetzt wird, benötigt eine Erlaubnis des Kraftfahrtbundesamts (KBA). Dazu durchläuft sie die sogenannte Typgenehmigung. In diesem Procedere wird geprüft, ob die Komponente sach- und fachgerecht entwickelt wurde und den geltenden Vorschriften entspricht.

Mooser ist seit 2001 als Technischer Dienst für Typgenehmigungen nach der ECE R10 Richtlinie vom KBA benannt. Diese Technischen Dienste führen im Kundenauftrag Typprüfungen zu EMV-Themen durch und unterstützen die Auftraggeber partnerschaftlich, die Produkte »auf die Straße zu bringen«. Die Inhalte von

Typgenehmigungen für Fahrzeugteile und Fahrzeuge sind die mehr als 100 einzelne ECE-Regelungen unterteilt. Für Aspekte der elektromagnetischen Verträglichkeit definiert die ECE R10 die Anforderungen und Prüfscenarien.

Die Labore in Egling und in Ludwigsburg konzentrieren sich auf elektrische und elektronische Komponenten und Systeme. Ob E-Motor, Batterien, Inverter, Sensoren oder andere Komponenten und Systeme: Das Know-how und die Berechtigung muss vorhanden sein, im Kundenauftrag diese Bauteile in allen Aspekten der elektromagnetischen Verträglichkeit zu prüfen und die gesamten Unterlagen beim KBA zur finalen Freigabe einzureichen.

Laut der Richtlinie ECE-R10 müssen die Komponenten beispielsweise auf das eventuelle Aussenden von Störemissionen im Frequenzbereich von 30 bis 1.000 MHz getestet werden, auf ihre Störfestigkeit im Bereich 20 MHz bis 2 GHz und ob sie im Fahrzeug nennenswerte Abstrahlung über Leitungen verursachen. Bei E-Fahrzeugen gehört auch eine Schnittstellenprüfung zwischen Ladegerät und stationärem Stromnetz dazu.

Die Kunden, die einem auditierten Labor vertrauen, profitieren außerdem von der umfangreichen Mess- und Prüf-Infrastruktur. Die Ingenieure dort prüfen die neuen Komponenten in genau den gleichen Messkammern, in denen sie auch entwicklungsbegleitende Tests zu Störaussendung, Störfestigkeit, Schirmdämpfung und anderen EMV-Aspekten durchführen. Zudem sind die Messkammern – etwa die eCHAMBER von Mooser – so leistungsfähig und vielseitig, dass die verschiedenen Untersuchungen der Typprüfung in nur wenigen Kammern durchgeführt werden können. Die dadurch erzielten geringeren Rüstzeiten sparen Zeit und somit bares Geld.

## Schlüssel für den Erfolg: eCHAMBER

Neue Antriebe erfordern neuartige Prüfstände und Messkammern. Die hohen Spannungen und Stromstärken,

mit denen die Komponenten der E-Mobilität arbeiten, verursachen starke elektromagnetische Störungen. Diese Störungen beeinflussen etwa den Radio- und Telefonempfang und stören sich auch gegenseitig. Darüber hinaus schränken sie auch benachbarte Komponenten wie zum Beispiel die elektrisch unterstützte Lenkung empfindlich in ihren sicherheitsrelevanten Funktionen ein. Mit der eCHAMBER wurde ein neues Prüfstandkonzept speziell für Hochvolt-Elektroantriebe und elektrisch angetriebene Nebenaggregate entwickelt, das diese Störungen zuverlässig und gründlich aufspürt.

Generell werden in der eCHAMBER EMV-Tests an E-Motoren, Invertern, Getrieben, Kupplungen, Hybridgetrieben, Abtriebswellen und Achsen durchgeführt. Diese Komponenten lassen sich einzeln oder im Verbund bei variablen Drehzahlen und Drehmomenten auf EMV-Aspekte testen. Schon die Basisdaten der eCHAMBER sind beeindruckend. Eine installierte Antriebs- und Bremsleistung von bis zu 250 Kilowatt, Spannungen von maximal 1.000 Volt und Stromstärken von bis zu 500 Ampere lassen kaum Testwünsche offen. Damit werden Antriebsstränge bis zu 500 Kilowatt Spitzenleistung untersucht. Für E-Antriebe in Omnibussen und Trucks wurde eine eCHAMBER entwickelt, die mit noch größeren Abmessungen (Prüflinge bis 1.000 Kilogramm) den Anforderungen gerecht wird. Die erste eCHAMBER ging 2008 bei Mooser in Ludwigsburg in Betrieb. Mittlerweile optimieren auch in China und Südkorea EMV-Spezialisten ihre Systeme mit der eCHAMBER. Die aktuell vier eCHAMBER in den Mooser-Laboren und die fünf in Kundenhand haben bei vielen Komponenten- und Antriebsstrangtests ihre Leistungsfähigkeit eindrucksvoll unter Beweis gestellt.

Auch Durchkopplung von EMV-Störungen durch den Antriebsstrang können nachgewiesen werden. Es wurde der messtechnische Nachweis erbracht, dass sich EMV-Störungen, ausgehend von einem Inverter (ein sehr starker EMV-Emittent) oder E-Motor, durch die Abtriebswelle direkt in die Zahnräder des Getriebes und weiter bis in die

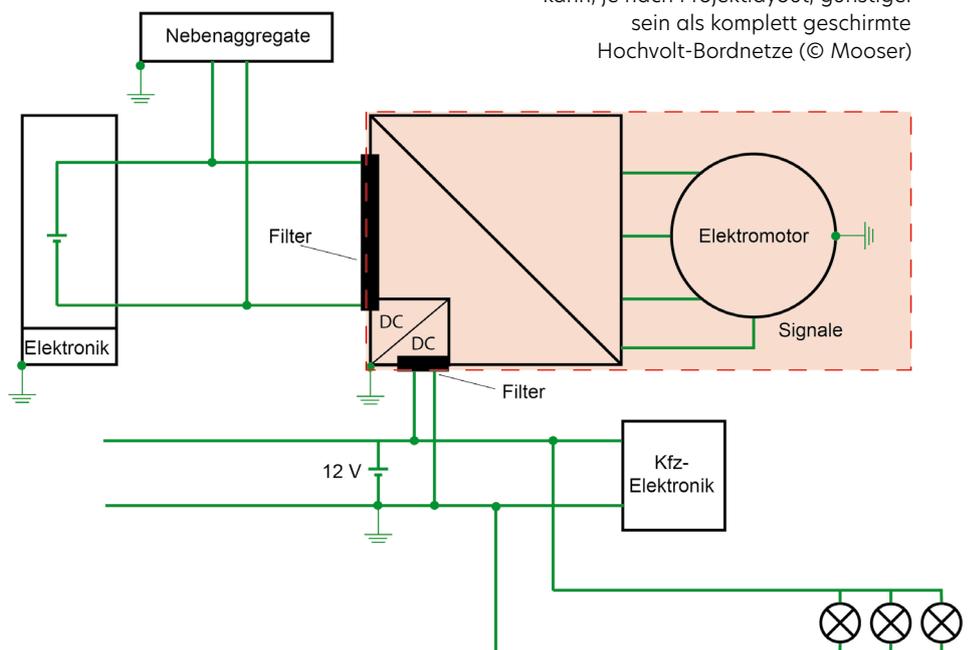
Antriebsachsen durchkoppeln können. Dort strahlen sie aus und verursachen dadurch Funkstörungen.

Wichtig ist bei dieser EMV-Messung, dass sich der E-Motor dreht. Denn bei einem stehenden Motor würden die von den Spulen ausgehenden Störungen über die Abtriebswelle und die Kugellager kurzgeschlossen und weitgehend eliminiert. Bei einem drehenden E-Motor hingegen bildet sich durch den Schmierfilm auf den Kugellagern eine Isolationsschicht, wodurch die Störungen des Motors vollständig über die Welle in das Getriebe abgeleitet werden. In der eCHAMBER werden die Störungen an den Achsen und Wellen detektiert und auf Basis dieser Messwerte sind validierte Aussagen zur Entkoppelung auf der Strecke zwischen E-Motor und den Achsen möglich. Die hochfrequenten Störungen auf der Welle sorgen nicht nur für Funkstörungen bei Radio- und Telefonempfang. Sie können sich auch in Form von hochfrequenten Entladungen äußern, die vorzeitige Lagerschäden provozieren können.

Die reproduzierbaren Tests in der eCHAMBER und eine gute Zugänglichkeit der Prüflinge sparen Zeit und Kosten. Denn bisher erfolgte die

»Neue Antriebe erfordern neuartige Prüfstände und Messkammern. Die hohen Spannungen und Stromstärken, mit denen die Komponenten der E-Mobilität arbeiten, verursachen starke elektromagnetische Störungen. Diese Störungen beeinflussen etwa den Radio- und Telefonempfang und stören sich auch gegenseitig.«

Das EMV-Konzept mit Inverter-Filtern und Teilschirmung des Elektromotors kann, je nach Projektlayout, günstiger sein als komplett geschirmte Hochvolt-Bordnetze (© Mooser)



EMV-technische Weiterentwicklung von E-Antriebskomponenten sowohl im Fahrzeug als auch am Prüfstand. So hat zum Beispiel der Austausch eines Kondensators im Inverter bedeutet, dass der Fahrzeugprototyp zunächst in der großen EMV-Messhalle abgerüstet und auf eine Hebebühne gebracht werden muss. Dort wird der Inverter – und eventuell andere Komponenten – aus dem Fahrzeug ausgebaut, der Kondensator gewechselt und der Inverter wieder in das Fahrzeug eingebaut. Anschließend wird das Fahrzeug wieder in die Messhalle gebracht und installiert. Insbesondere die Auf- und Abrüstzeiten sowie der Leerstand der Messhalle verursachen hohe Kosten – bei komplexen Antriebssträngen wie etwa bei einem Plug-in-Hybrid umso mehr.

Die eCHAMBER ermöglicht eine zügige Erledigung dieser Entwicklungsschritte. Der Inverter lässt sich sehr leicht entnehmen, präparieren und wieder installieren. Das spart unter dem Strich viel Rüstzeit und hohe Kosten. Viele konkrete Beispiele bei Automobilherstellern haben gezeigt, dass der prüfstandbasierte Entwicklungsprozess von Mooser die Kosten für Prüfstandzeiten, Personal und die Messaufgaben um teilweise mehr als 95 % reduzieren kann.

## Die Typgenehmigung ist mehr als nur Messen

Die Benennung beim KBA als Technischer Dienst bietet zunächst die Gewähr, dass die EMV-Prüfungen und auch der Verwaltungsaufwand für die Typgenehmigung ordnungsgemäß durchgeführt werden. Sie umfasst in einem guten Labor aber noch viel mehr:

- Prüfen schon beim Erstkontakt, ob die administrativen Voraussetzungen für die Beantragung einer Typgenehmigung durch den Auftraggeber erfüllt sind.
- Vorab klären, dass nur eine optimal vorbereitete und serienreife Komponente die Prozesse der Typgenehmigung durchläuft. Das minimiert das Risiko eines Scheiterns.

- Sobald die erforderlichen technischen Unterlagen (etwa Schaltpläne, Konstruktionszeichnungen, Stücklisten) zur Verfügung stehen, generiert Mooser daraus den Beschreibungsbogen. Parallel wird aus den EMV-Messergebnissen das Gutachten erstellt.
- Sind alle notwendigen Unterlagen optimiert, reicht das Labor sie beim KBA zur Genehmigung ein.

Die Typgenehmigung ist kein singulärer Vorgang vor dem Serienstart: Jede spätere Änderung an einem Bauteil muss an das KBA gemeldet werden. Auch diese Aufgabe übernimmt Mooser inklusive der Prüfung und Bewertung der Änderungen, ergänzen der Bauteil-Dokumentation und einreichen der Unterlagen beim KBA.

Bei den Typgenehmigungen profitieren die Auftraggeber von der großen Erfahrung aus jahrzehntelanger Zusammenarbeit mit dem Kraftfahrtbundesamt und mehr als 200 erfolgreich abgeschlossenen Genehmigungsprozessen. In Egling und Ludwigsburg weiß man genau,

welche Anforderungen das KBA stellt und koordiniert sie mit den Ansprüchen und Wünschen der Auftraggeber. Dies sorgt für einen reibungslosen Ablauf der Typgenehmigung, selbst bei kompletten E-Antrieben und komplexen Hochvoltbatterien. Das können nur die besten Anbieter von EMV-Typgenehmigungen.

Zusätzlich greift auch hier das Prinzip der individuellen Kundenbetreuung. Ein Mitarbeiter sollte als fest definierter Ansprechpartner für das gesamte Projekt zuständig sein. Mit seinem Fachwissen und seiner persönlichen Erfahrung garantiert er, dass die anspruchsvolle Typgenehmigung einer Komponente reibungslos abläuft – bis zum erfolgreichen Abschluss.

Mooser ist Spezialist für EMV-Messungen und Typgenehmigungen. Als ein Schlüssel für den Erfolg sieht man die umfangreiche EMV-Beratung, mit der auf Wunsch jeder Auftrag begleitet wird. Weil das Wissen rund um EMV-Messungen und Typgenehmigungen mit den Kunden geteilt wird, erreichen deren Projekte besser und schneller das Ziel. ■



**DIPL.-ING. (FH) STEPHAN SPÖRL**  
stellvertretender Laborleiter  
bei der Jakob Mooser GmbH in Egling  
(© Mooser)



**DIPL.-ING. CHRISTIAN LÄMMLEIN**  
stellvertretender Laborleiter  
bei der Mooser EMC Technik GmbH  
in Ludwigsburg  
(© Mooser)