

# **SCHIRMEN ODER FILTERN ? - Betrachtungen am Beispiel eines offenen E Fahrzeugmodells**

IMG Nordhausen, FUSS EMV Berlin, ifak Magdeburg e.V.

Kontakt: info@img-nordhausen.de

## **1. Einführung**

Elektromobilität ist eine der größten technischen Herausforderungen unserer Tage.  
Warum ?

Die Konzentration der Elektronik und Mikroprozessortechnik in einem E Fahrzeug führt immer häufiger zur gegenseitigen Störung, was zu einer Beeinflussung dieser Systeme bis hin zum Funktionsausfall führen kann. Primär wird versucht, durch entsprechendes Schaltungs- und Layoutdesign die Geräte abstrahl- und einstrahlungsfest zu machen. Oftmals ist die damit zu erzielende Störfestigkeit aber nicht ausreichend, sodass zusätzlich abschirmende Gehäuse erforderlich sind.

**In einem E Fahrzeug wird Leistungselektronik verbaut, welche SEHR STARKE EMV STÖRUNGEN verursacht.**

Neben diesen technischen Aspekten müssen auch die gesetzlichen Anforderungen betrachtet werden. Auch wenn die Normung noch am Anfang steht und es auch keine gesetzlichen Vorgaben gibt. So ist als Normungsänderung die Richtlinie UN ECE R 10 normativ verabschiedet. Diese Richtlinienänderung beachtet in Zukunft den Effekt der Leitungsimpedanz und Spannungsverhältnisse einer Batterieladestation.

**a) Eine für Anwender offene Nachbildung eines E Fahrzeuges mit elektrischem Energiespeicher mittels Motorprüfstand mit E Komponenten**

Sehr vereinfacht kann man sich ein E Fahrzeug nach dem folgenden Modell nach Kreyenberg verdeutlichen:

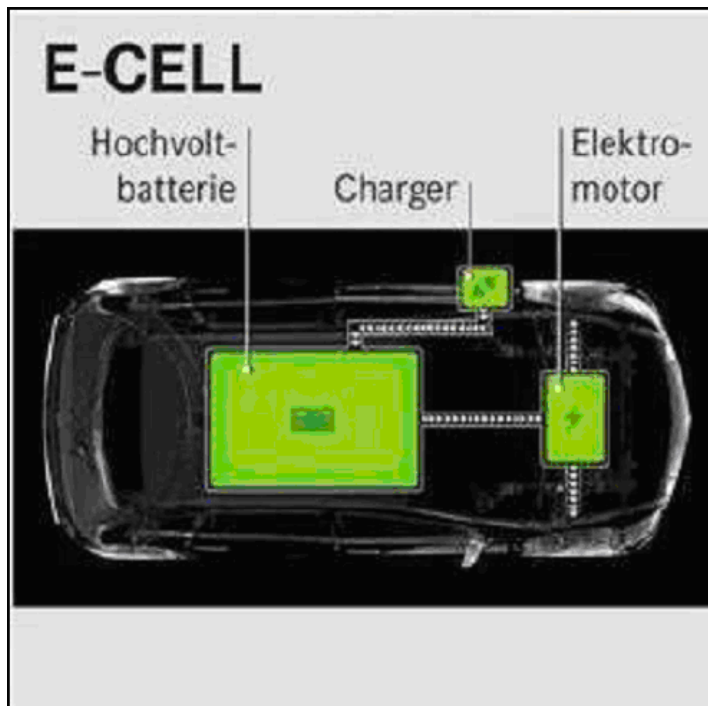


Bild 1: Grobausbau eines Elektrofahrzeuges ( Quelle Kreyenberg ; Daimler AG )  
 Es fehlen viele Elektronikkomponenten/ Steuerungen/  
 Kommunikationselemente und Leitungen

Speziell wurde an der IMG Nordhausen eine detaillierte E Fahrzeugnachbildung aufgebaut.

Diese E Fahrzeugnachbildung ist offen für den Einbau verschiedenster E Komponenten der unterschiedlichsten Fahrzeughersteller für funktionelle und EMV Tests. In der Erprobungsphase von Fahrzeugkomponenten ist das ein Vorteil gegenüber Testfahrzeugen, da Komponenten frei integriert werden können und nicht zuerst an die mechanischen und elektrischen Bedingungen des Testfahrzeuges angepasst werden müssen.

In der aktuell laufenden ersten Testserie der Fahrzeugnachbildung wird die Integration neuer Ladetechnologien einerseits und die Integration innovativer EMV-Funkentstörfilter andererseits erprobt.

Ein viel diskutiertes Manko im Aufbau des Hochvoltbordnetzes und des Antriebsstrangs in Elektro- und Hybridfahrzeugen ist die Notwendigkeit geschirmte Hochvoltleitungen zu verwenden. Die Schirmung der Hochvoltleitungen ist notwendig, da leistungselektronische Komponenten wie der Antriebswechselrichter fähig sind mehr als das 100-Fache an elektromagnetischen Störungen produzieren verglichen mit Komponenten der 12V-Ebene. Wesentlich leistungsschwächere Hochvoltteilnehmer wie Klimakompressoren erreichen immer noch Werte, welche beim 10-Fachen liegen. Das Überkoppeln dieser massiven Störungen in die Steuer- und Kommunikationseinrichtungen des Fahrzeugs muss mittels der Abschirmung der Hochvoltkabel verhindert werden. Die geschirmten Kabel bringen aus Systemsicht einige Nachteile mit sich. Sie besitzen wesentlich höhere Durchmesser als ungeschirmte Leitungen, haben deutlich mehr Gewicht und sind wesentlich biegesteifer. Zusätzlich weisen die Stecksysteme eine mangelnde

Langzeitzuverlässigkeit auf. Denn die Schirmwirkung ist maßgeblich vom Kontaktwiderstand zwischen Kabelschirm und dem Metallgehäuse der Elektrokomponenten abhängig, hier werden Werte von  $<10\text{m}\Omega$  gefordert. Neuralgisch ist der Übergangswiderstand, welcher sich bei der Schirmübergabe von Stecker auf Buchse ergibt. Durch mechanische Beanspruchung, beispielsweise durch häufiges Stecken oder durch Rütteln und Schütteln im Fahrbetrieb, erhöht sich der Übergangswiderstand um bis zu dem 10-Fachen des ursprünglichen Wertes. Die Schirmwirkung wird dabei stark reduziert. Die benötigte hohe Robustheit macht die Stecker zusätzlich teuer.

Eine weiterer wichtiger Aspekt innerhalb der Fragestellung „Filtern oder Schirmen“ ist, dass alle Geräte, welche an das mit hohen Störpegeln belastete, aber geschirmte Hochvoltbordnetz angeschlossen werden, auch das Schirmkonzept zu 100% mit Aufrecht erhalten müssen. Häufig kommt es jedoch zur Störüberkopplung innerhalb an sich störarmerer Geräte wie beispielsweise der Hochvoltbatterie von den Leistungskreisen auf die Steuerkreise. Von den ungeschirmten Steuerkreisen werden dann die hohen Pegel des Hochvoltbordnetzes abgestrahlt. Dieses Problem entfällt bei der Filterung des Hochvoltbordnetzes, da dann dort nur noch unkritische Störpegel vorhanden sind.

Mit Hilfe der Messreihen an der Fahrzeugnachbildung wird aktuell ermittelt wie hoch der Filteraufwand ausfällt, um die Störpegel auf den Hochvoltleitungen so stark zu reduzieren, dass kein Kabelschirm mehr benötigt wird. Die Material-, Gewichts- und Kostenreduzierung beim Wegfall der Kabelschirme soll hierbei möglichst größer ausfallen als der Material-, Gewichts- und Kostenmehraufwand durch den Filter. Die hingegen stets vorhandenen Vorteile der Filterung gegenüber der Schirmung sind erstens die höhere Zuverlässigkeit. Der oben diskutierte, bei den Steckkontakten der Kabelschirmung auftretende Alterungseffekt entfällt bei der Filterung. Zweitens ist die Störunterdrückungswirkung eines Kabelschirms von der Länge des Kabels abhängig. Im Falle der Filterung spielt die Kabellänge und dessen Verlegung hingegen eine untergeordnete Rolle, dadurch steigt der Freiheitsgrad bei der Verkablung. Und drittens der oben diskutierte Vorteil der Filter- gegenüber der Schirmungslösung, dass Geräte, welche selbst kaum Störungen erzeugen, nicht Gefahr laufen zu Strahlungslecks für die Emissionen störintensiverer Geräte zu werden und auch weniger Robust gegenüber Störeinwirkung sein müssen.

Weiterhin soll innerhalb des Projektes die Integration neuer Ladetechnologien, wie z.B. kontaktlos-induktive Energieübertragungssysteme in die Fahrzeugnachbildung erprobt werden. Hierfür soll ein interoperables Ladesystem, das derzeit in dem Projekt InterOp (Inductive Norm Test by Exchange in Real Operation), gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, entwickelt wird, zum Einsatz kommen. Das Verbundvorhaben umfasst 10 Partner, unter anderem das ifak Magdeburg. Die innovative Technologie der kontaktlosen induktiven Energieübertragung ermöglicht insbesondere im Bereich der Elektromobilität durch das Entfallen von Kabeln und mechanischen Kontakten eine wesentliche Steigerung des Komforts, der Sicherheit und der Verfügbarkeit. Es ist somit möglich, die Fahrzeuge unkompliziert automatisch an entsprechenden Ladestationen ohne Stecker mit ausreichender Leistung und hohem Wirkungsgrad aufzuladen. Kontaktlose Übertragungssysteme unterliegen auf Grund ihres komplexen Aufbaus, bestehend aus leistungselektronischen Komponenten und dem Magnetkreis besonderen Anforderungen in der EMV. Schwerpunkte sind hierbei die magnetischen Felder und die geleiteten und abgestrahlten Störemissionen.

Die offene E Fahrzeugnachbildung ist in Bild 2 zu sehen.

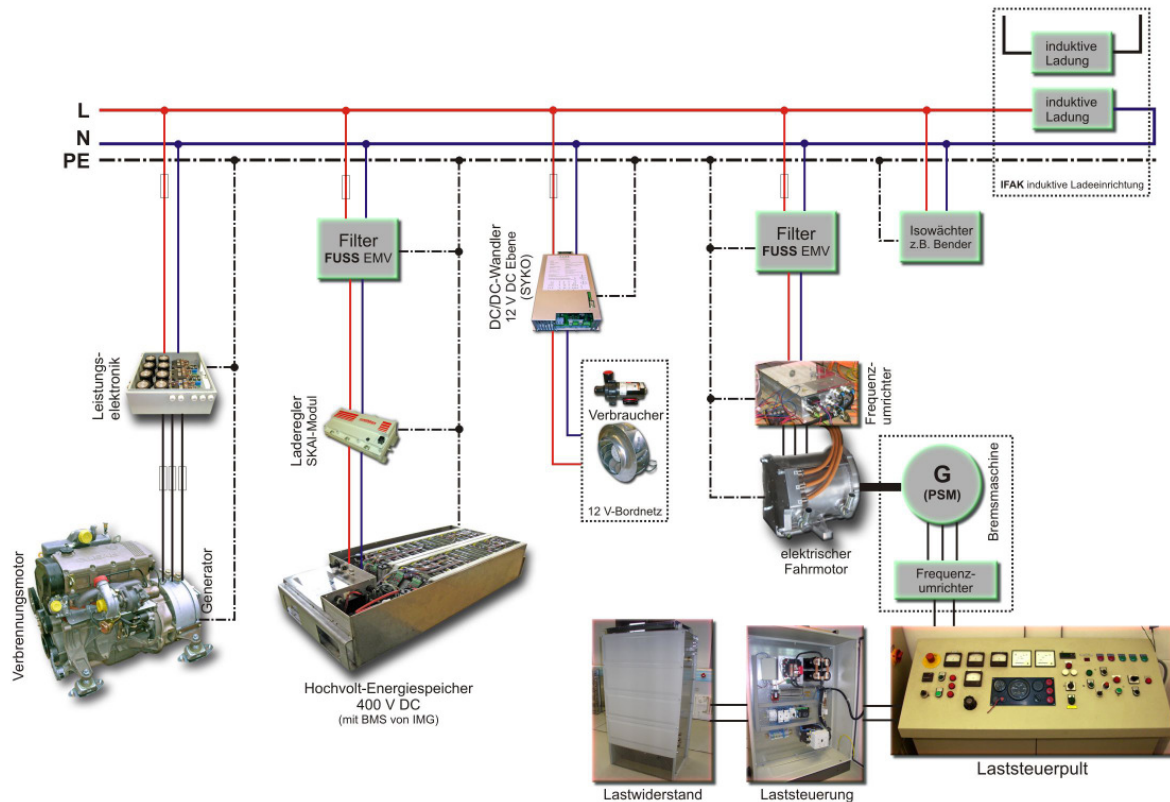


Bild 2: offene E Mobilitäts KfZ Nachbildung für funktionelle und EMV Tests der IMG Nordhausen

### b) Ziel der Untersuchungen

Für die Komponentenhersteller bzw. die E Fahrzeughersteller ist nun folgende Frage wichtig.

Wie entstore ich richtig und mit dem optimalen Aufwand?

Die Projektgruppe des AIF Konsortiums unter Mitwirkung der FUSSEMV, ifak Magdeburg e.V. und der IMG Nordhausen befasst sich mit dieser Frage und erstellt im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung Vorschläge zur Erzielung einer EMV konformen Lösung bei geringem Aufwand im Konzept des Gesamtfahrzeuges. Ein Schlüsselaspekt ist bei geringem Aufwand, eine geringe Störemission auf Leitungsebene zu erzielen.

Im Rahmen des Projektes soll folgende Aussage untersucht werden

**These: IN EINEM E FAHRZEUG KANN MAN DURCH „FILTERN STATT SCHIRMEN“ ZUVERLÄSSIGKEIT UND FREIHEITSGRADE IN DER KONSTRUKTION GEWINNEN SOWIE KOSTEN REDUZIEREN**

Ziel der Untersuchung ist der Nachweis, dass die von der Fuss-EMV entwickelten Filter die gleiche oder eine höhere Filterwirkung als die Kabelschirme erzielen. Die Probeaufbauten hierfür orientieren sich an den Vorgaben und Grenzwerten der CISPR 25. und erfasst wird der Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellenbereich.

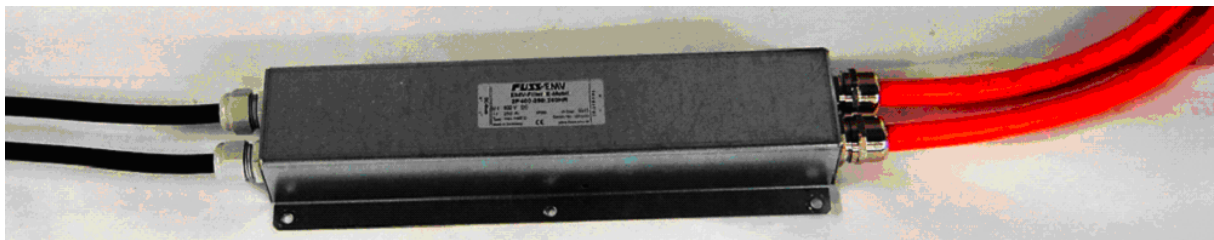


Bild 3: E-Mobility Filter zur Einsparung von Kabelschirmen

Bild 3 zeigt den Prototypenfilter der Fuss-EMV zur Einsparung von Kabelschirmen. Die umrichterseitigen Kabelanschlüsse des Filters sind geschirmt ausgeführt, die Kabelabgänge für das Hochvoltbordnetz sind ungeschirmt. Das Bauvolumen des Filters mit Gehäuse liegt unter 1 Liter, sein Gewicht im Bereich von 2 kg, er ist geeignet für bis zu 250A Dauerstrom. In ersten Messungen konnte der Filter die an ihn gestellten Erwartungen erfüllen, weitere Verifikationsmessungen befinden sich aktuell in Planung.

## **2. EMV Untersuchungsergebnisse an der offenen E Fahrzeugnachbildung**

An einer Elektrofahrzeugnachbildung wurden eigene Messungen vor Ort im Elektronetz realisiert.

Es sollte die Frage beantwortet werden, sind die Störungen im E Fahrzeug nun wirklich so hoch, oder sind sie vernachlässigbar.

Resultat dieser EMV Voruntersuchung war eine Funkstöraussendung, welche zu hohe Funk EMV Emissionen im E Bordnetz hervorrief ( Bild 4 und Bild 5)

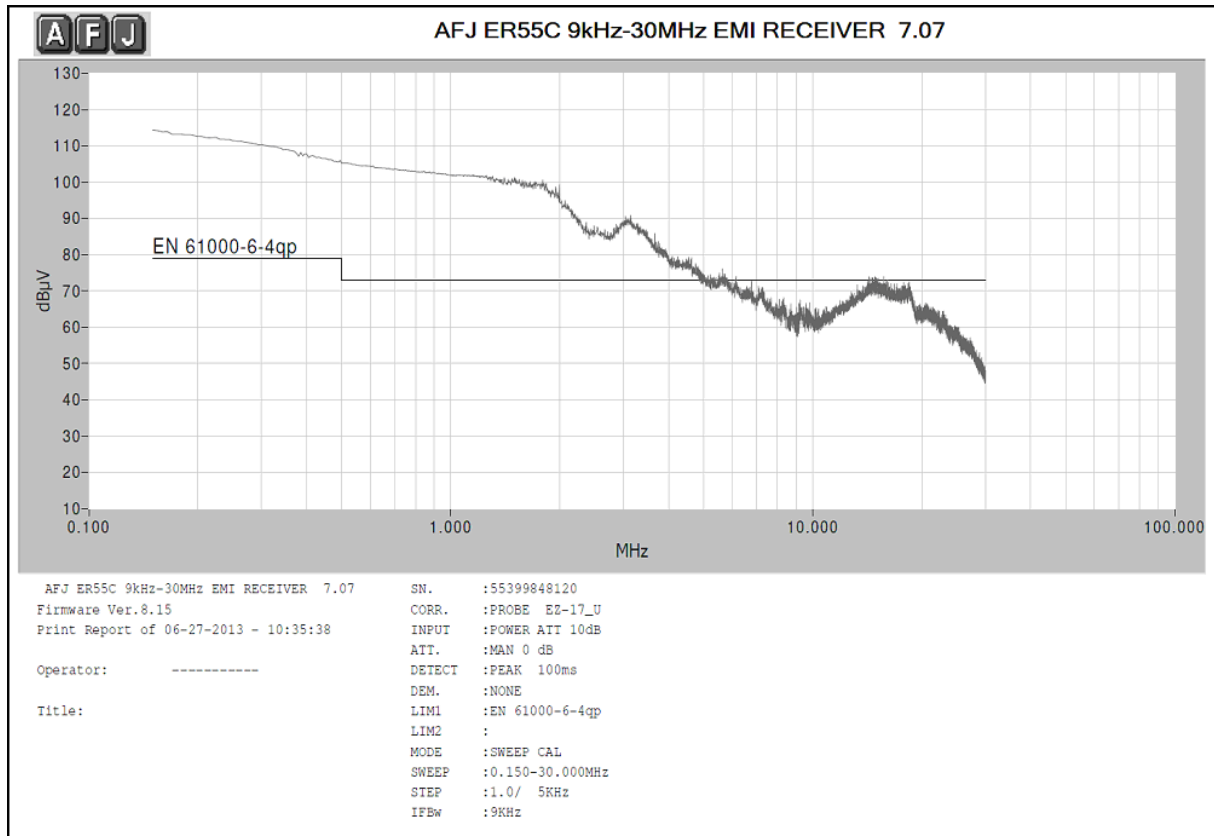


Bild 4 : Funkstörspannung am Frequenzumrichter , 0,2 kW Leistung , +Leitung des Bordnetzes

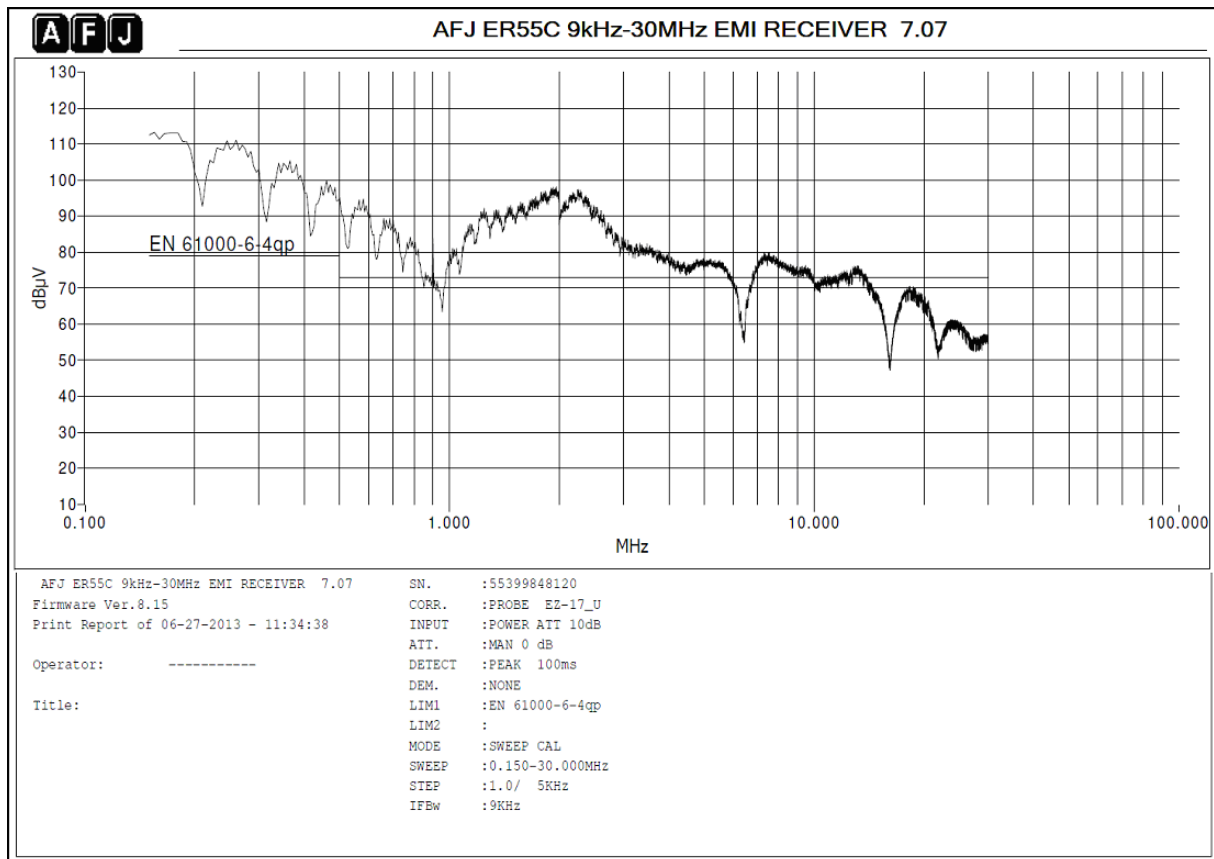


Bild 5: Funkstörspannung am Laderegler, 10 A Ladestrom, - Leitung zur HV Batterie

In der CISPR 25 sind die Grenzwerte bei Klasse 5 wie folgt definiert:

0,15 – 0,3 MHz = 56 dB µV  
 0,53 – 2 MHz = 51 dB µV  
 5,9 MHz – 6,2 MHz = 36 dB µV

Die EMV Störungen liegen weit über den Grenzwerten.

In Bild 4 und 5 kann man sehen, dass die EMV im E Fahrzeug bzw. auf dem Bordnetz einer Batterie für das E Fahrzeug sehr kritisch ist und deshalb einer dringenden Lösung bedarf.

Die Abbildung 6 zeigt erste Messergebnisse des E-Mobility Filters der Fuss EMV bei der Bewertung mit Stromzangenmessungen.

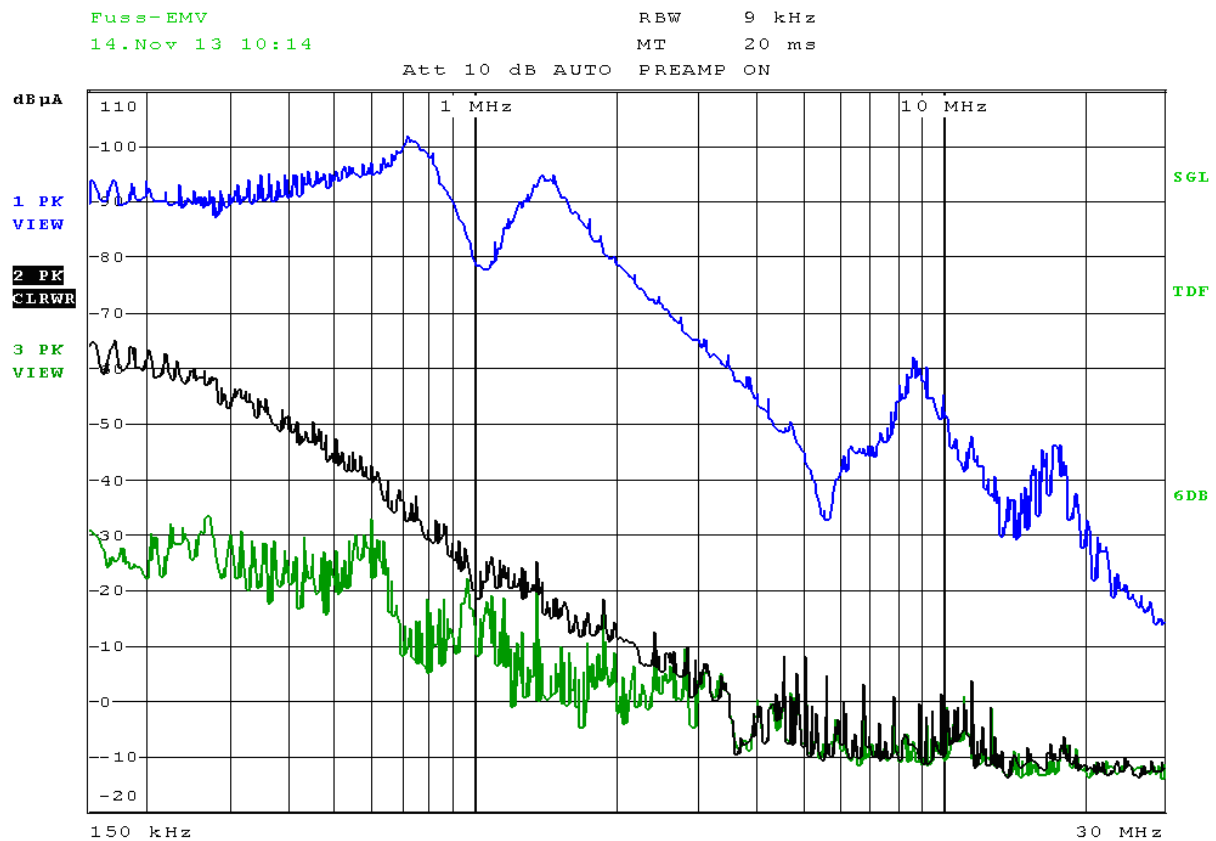


Bild 6: Messung der Störstromabsenkung durch den E-Mobility Filter

Die auf dem Hochvoltbordnetz befindlichen Störströme werden durch den Filter im Bereich von 150kHz um ca. 30dB reduziert, bei 3MHz wird eine Entstörwirkung von ca. 60dB nachgewiesen und ab 5 MHz wurden die an dem Aufbau vorliegenden Störströme bereits unter die Rauschgrenze reduziert. Die nachgewiesene Filterwirkung ist damit der Wirkung eines Kabelschirms vergleichbar.

### Was kann bei Überschreitung der EMV Grenzwerte möglicherweise passieren?

- Bremsen können versagen
- Fahrzeug erhöht die Geschwindigkeit ohne Steuerfähigkeit
- Störung der Anzeige

und viele andere Fahrbeeinflussungen.



In der Automobilindustrie werden immer häufiger Elektronikstrukturen mit CAN Bussen genutzt. Diese Signalsysteme haben den Vorteil einer hohen Stabilität und Geschwindigkeit.

Zur Erreichung des Zieles einer hohen EMV ist eine Erhöhung der Stör- und Funktionssicherheit elektronischer Baugruppen in E Fahrzeugen nötig, dazu gilt es für den Anwendungsfall optimierte E Komponenten – EMV Entstörkombination zu finden.

### **3. Zusammenfassung**

An einer für funktionelle und EMV Tests offenen E Fahrzeugnachbildung der IMG Nordhausen wurde der Fahrbetrieb nachgestaltet. Untersuchungen an einer induktiven Ladeeinrichtung innerhalb und außerhalb der E Fahrzeugnachbildung sollen ein möglichst mobiles Laden auch ohne Vorhandensein einer Stromtankstelle ermöglichen.

Die für die verschiedensten Komponenten offene elektromotorische Anordnung hat sehr hohe Störungen auf Leitungsebene erzeugt.

Nun sind in künftigen Elektromobilitätskomponenten und E Fahrzeugen nicht nur die Messung der EMV wichtig, sondern auch bei Überschreiten von Grenzwerten ( siehe Bilder 4 und 5 ) eine EMV Lösung.

Wichtigste Quelle von HF Störern im E Fahrzeug sind die Leistungselektronik, Power Konverter und Frequenzumrichter.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wird ein optimaler E-Mobilitäts Filter der FUSS EMV entwickelt, welcher eine teure Schirmung der Leitungen ersetzen soll, die Freiheitsgrade der Verkabelung und Komponentenanzordnung im Fahrzeug erhöht sowie die Einhaltung der EMV Grenzwerte und die Langzeitzuverlässigkeit der EMV - Lösung sicherstellt.

Dieses sehr anspruchsvolle Ziel wird im Rahmen des Projektes untersucht.

Es wird dem AIF für die Förderung des Vorhabens KU 2829003TL2 sehr herzlich gedankt.

Adressen:

#### **IMG Electronic & Power Systems GmbH**

Bereich EMV/ Umwelt  
An der Salza 8a  
99734 Nordhausen  
Germany

**ifak Magdeburg e.V.**

Werner Heisenberg Strasse 1  
39106 Magdeburg  
Germany

**Ing. Max Fuss GmbH & Co KG**

Bereich Entwicklung  
Johann Hittdorf Strasse 6  
12489 Berlin  
Germany