

# EIN NEUER MASSSTAB IN DER EMV-MESSUNG MITTELS EINER HYBRID-CHAMBER

*Dipl.-Ing. Alexander Rommel, Daimler AG*

Die Aufgabe: das EMV-Verhalten langer Fahrzeuge realistisch und dennoch zeit- und kosteneffizient messen

Dieser Beitrag möchte diese Frage mittels eines neuen, ungewöhnlichen Ansatzes skizzieren. Um die gewünschte Testabdeckung in klassischen Absorber-Hallen zu erreichen, sind bekanntlich mit steigender Frequenz und insbesondere an langen Fahrzeugen immer mehr Antennenpositionen notwendig. Daimler hat zur Lösung dieses Problems ein gänzlich neues Messkonzept entwickelt, welches auf der Vibrating Intrinsic Reverberation Chamber von Prof. Dr. Leferink beruht und keine Verlängerung der Messdauer mit sich bringt.

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung verändert sich auch das Umfeld der Nutzfahrzeuge; erweiterte Anforderungen an die Konnektivität spielen hierbei eine neue und große Rolle. Durch die zunehmende Vernetzung steigt die Anzahl der Funk-

dienste sowie deren Kanalauslastung. Die bestehenden Frequenzbänder reichen nicht mehr aus, die Netzbetreiber wichen also auf höhere und freie Frequenzen aus. In dem neu genutzten Super-High-Frequency-Frequenzbereich (SHF) wurde somit auch die

Überprüfung der Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störeinflüsse erweitert.

Immer noch erfolgt die Untersuchung von Fahrzeugen hauptsächlich in Absorberhallen. Zwei Phänomene sind hier bekannt, welche die Messzeiten deutlich verlängern.



Abbildung 1: Weltweit erster Testlauf einer Hybrid Chamber bei AKKA EMC GmbH (Waiblingen)



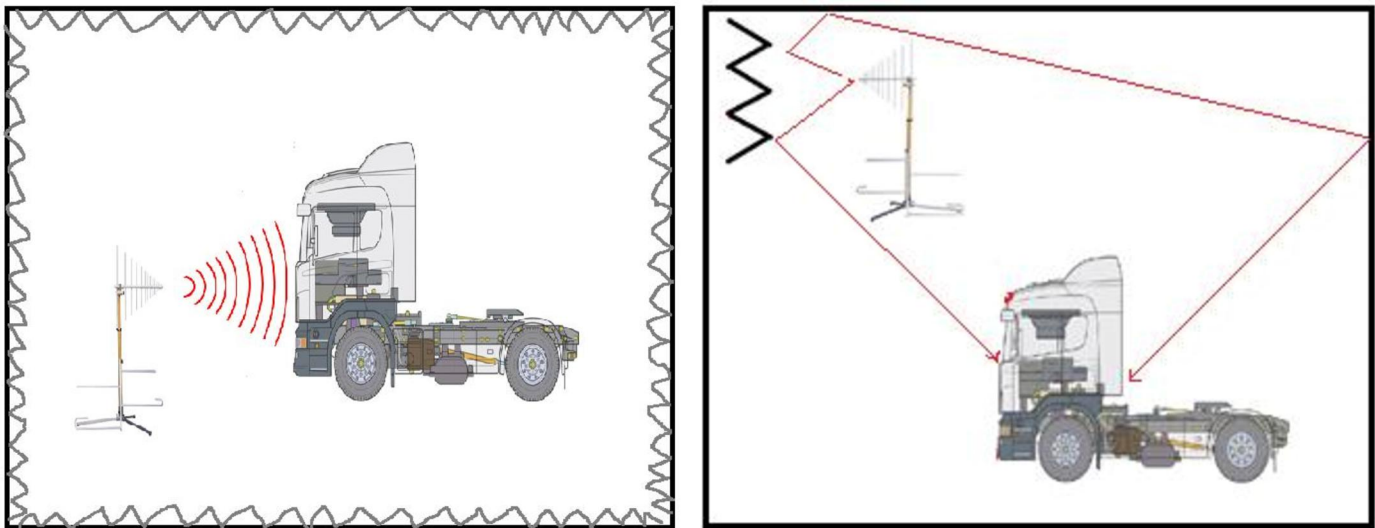


Abbildung 2: Typischer Systemaufbau von Absorberhalle (links) und Modenverwirbelungskammer (rechts).

Es treten zum einen mit zunehmender Frequenz Abschattungen auf und zum anderen nimmt die Größe der Sendekeule mit steigender Frequenz ab. Als einziger Ausweg bleibt hier die Störfestigkeit aus immer mehr Antennenpositionen zu prüfen, um dennoch die gewünschte Testabdeckung zu erreichen. Dieser Aufwand kann besonders bei großen und langen Fahrzeugen sehr zeitintensiv und kostspielig sein.

### MVK

Erfolgt die Messung in einer Modenverwirbelungskammer (MVK), dann tritt diese Problematik nicht auf, denn bei der MVK werden die versendeten Strahlen an den Kammerwänden reflektiert, sodass der Prüfling auf diese Weise einem Prüffeld von allen Richtungen gleichzeitig ausgesetzt wird. Um die sich ausbildenden stehenden Wellen in der MVK verändern zu können, kommen typischerweise Modenrührer zum Einsatz. Sie verändern das elektrische Feld entweder kontinuierlich (stirring mode) oder schrittweise (tuned mode).

Abbildung 2 zeigt schematisch den Test in einer MVK und einer Absorberhalle. Nachteilig ist jedoch bei diesem Verfahren die fLUF (kleinste nutzbare Frequenz gemäß IEC 61000-4-21), ab der die Messung in einer MVK erfolgen kann. Die Raumabmessungen der MVK bestimmen die fLUF, und liegt bei typischen Größen bei 300 MHz oder höher. Bei der hier verwendeten Größe gehen wir von einer fLUF von etwa 100 MHz aus. Desweiteren existiert keine einheitliche Meinung unter den Experten über die Aussagekraft der Ergebnisse aus der MVK. Außerdem würde eine MVK für LKWs und Busse viele Millionen Euro kosten; weswegen noch keine existiert. Um ebenfalls eine lange Planungs- und Baupha-

se zu umgehen, wurde hier eine kostengünstige und schnell umsetzbare Alternative zu einer festen Modenverwirbelungskammer gesucht.

### DIE IDEE DER HYBRID CHAMBER

Die Modenverwirbelungskammer und die Absorberhalle haben beim Vergleich der Komponenten eine hohe Übereinstimmung miteinander – und zwar in punkto Antennen, Prüfstand (Bedien-/ Messgeräte), Verstärker, Schirmkabine und Rollenprüfstand. Der deutliche Unterschied zwischen beiden Hallen sind die speziellen Wände. An Stelle der reflektierenden Wände und eines Modenrührers benötigt die Absorberhalle absorbierende Wände. Sehr schnell ist die Idee entstanden, eine temporäre MVK in einer vorhandenen Absorberhalle zu errichten.

Diese Hybrid-Chamber würde wesentliche Vorteile mit sich bringen. So kann im un-

teren Frequenzbereich der Betrieb als Absorberhalle beibehalten werden, während im höheren Frequenzbereich die Halle als MVK dient. Mit dieser Methode wäre es möglich, beide Vorteile der Technologien zu nutzen. Mit solchen Hybrid-Chambers würde auch die Realität besser wiedergespiegelt werden. Im unteren Frequenzbereich existieren vorwiegend wenige Sendemasten mit grosser Sendeleistung und vielen Empfängern (UKW-Radio). Während im oberen Frequenzbereich vorwiegend viele Sender und viele Empfänger mit geringerer Sendeleistung existieren (Handy).

### DIE MVK ALS ZELT

Massive metallische Bleche verfügen über die besten Reflexionseigenschaften, aber leider sind diese nicht sehr mobil und schwer in einer Absorberhalle zu montieren. Aufgrund ihrer Größe von 26 m × 8 m × 6 m



Abbildung 3: Stripline (1) mit Auslegern(2) und ausgerolltem Zelt (3) von Infracron.



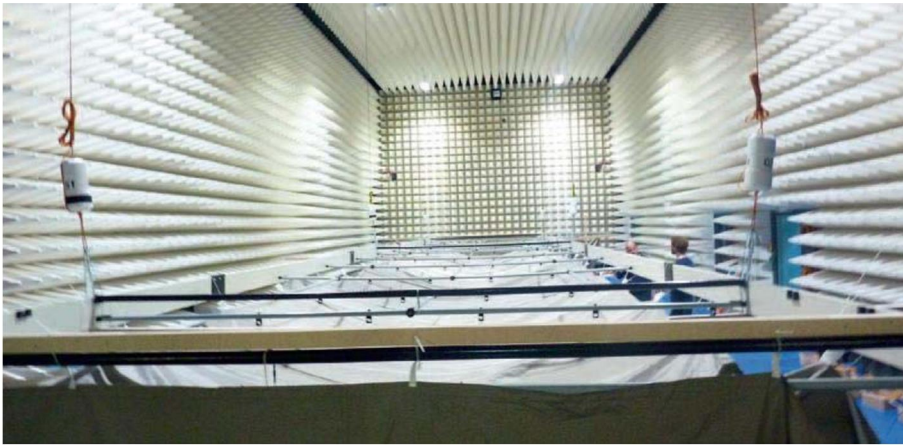


Abbildung 4: Das Zelt wurde an der Stripline montiert und ist auf dem Bild noch nicht auf volle Länge ausgebreitet.

gibt es für die MVK keine realistische Möglichkeit, die Blechwände sowie die Blechdecke im Ablauf einer Störfestigkeitsmessung in der Absorberhalle zu montieren. Deswegen wurde mit den EMV-Spezialisten von Infracor nach einer Alternative gesucht, die als Prototyp einfach und schnell realisierbar war.

Da die MVK in einer vorhandenen Absorberhalle betrieben wird, muss diese nicht 100 Prozent HF-dicht sein. Deswegen besteht die Möglichkeit, die Wände und Decke der MVK durch leichte reflektierende Textilien zu realisieren, am einfachsten in Form eines EMV-Zeltes (Abbildung 3 und Abbildung 4). Den Leistungsverlust muss der Verstärker ausgleichen. Bei der Größe dieser Halle wird der Leistungsverlust eventuell nicht gering ausfallen. Solche Zelte (mit einer entsprechenden mechanischen Schwingungserzeugung) sind bekannt unter den Begriffen VIRC (Vibrating Intrinsic Reverberation Chamber) oder mobile Modenverwirbelungskammer. Infracor bietet diese Zelte in Kooperation mit Soliani EMC an. Weil die genutzte Absorberhalle einen metallischen Boden besitzt, ist eine bodenlose Version der VIRC als Zelt ausreichend. Jedoch ist auf eine ausreichend große Überlappung des Zeltes mit dem Boden zu achten.

Ggf. ist auch eine galvanische Kopplung mit dem Boden notwendig. Der bereits in der Absorberhalle bestehende Rahmen der Stripline dient als Aufhängung des Zeltes. Um eine leichtere Montage zu ermöglichen, lässt sich der Rahmen über einen Seilzug vertikal verfahren. Ausleger wurden für den Prototyp zusätzlich angebracht, um das Zelt auf die gewünschte Fläche zu spannen (Abbildung 3 und Abbildung 4). Mit dieser Lösung ist kein separates Gestell für die VIRC erforderlich. Ebenso unnötig sind HF-dichte Durchführungen für die Lichtwellenleiter und Koaxialleitungen. Benötigte Leitungen verlaufen unter den Wänden sowie am Boden. Der Stoff besteht aus einer hundertpro-

zentigen Kupfer-Nickel-Legierung und wurde mit einer speziellen Webtechnik als reißhemmendes Ripstop-Gewebe gewählt. Für die Einfahrt der Nutzfahrzeuge besitzt die VIRC ein Tor; zusätzlich ist eine Tür für den Nutzer der VIRC in die Wände eingearbeitet. Alle Öffnungsmöglichkeiten im Zelt wurden mit Reißverschlüssen und HF-leitenden Klettverschlüssen mit Überlappungen ausgeführt. Die Wände haben eine Überlänge von 0,25 m, um eine Überlappung von den Wänden und dem Boden zu gewährleisten.

#### MODENRÜHRER IN DER HYBRID CHAMBER

Die Moden in einer MVK lassen sich mit unterschiedlichen Möglichkeiten verwirbeln. So besteht die Möglichkeit, die Position der Antenne oder die Phasenlage zu variieren, wozu entweder ein mechanisches Bewegen der Antenne oder ein – mit Zusatzkosten verbundener – Phasenschieber benötigt wird. Aufgrund der komplexen Durchführung der Lösung schieden beide



Abbildung 5: Nach dem Prinzip der VIRC sorgt eine simple Schwingungsvorrichtung für eine Verwirbelung der Moden durch Schwingungen an Kanten des Zeltes: Ein Scheibenwischermotor (1) regt die Wände über einen Hebelarm zur Schwingung an.

Ansätze letztendlich aus. Eine weitere Alternative ist die Verwendung eines Modenrührers, der für eine Halle dieser Größe gewaltige Ausmaße annehmen müsste. Für eine mobile MVK stellt auch dieser keine befriedigende Lösung dar.

Deswegen fiel die Entscheidung zugunsten der dritten Möglichkeit: Nach dem Prinzip der VIRC (Prof.Dr.Ir.Ing. Frank Lefterink) wird die Verwirbelung der Moden durch Schwingungen an Kanten des Zeltes realisiert. Hierzu dient eine simple Schwingvorrichtung, welche die Wände mit einem Scheibenwischermotor und einem Hebelarm anregt (Abbildung 5). Die Wellen breiten sich längs der Stoffwand mit einer schwachen mechanischen Dämpfung aus.

#### DIE FELDSTÄRKEREGELUNG

Da sich ein temporär aufgebautes und vibrierendes Zelt nur schwer kalibrieren lässt, fiel hier die Wahl auf ein feldstärkegeregeltes System mit acht schnellen Feldsonden von der LUMILOOP GmbH. Dabei liefert dieses Messsystem die für die Bewertung der Feldhomogenität wichtige Standardabweichung nach IEC 61000-4-21 direkt mit. Somit kann direkt nach dem Umbau mit der Messung begonnen werden.

Bei dem Aufbau ist lediglich zu beachten, dass sich der Prüfling in dem von acht Sonden aufgespannten Prüfvolumen befindet. (siehe Abbildung 6) Der Abstand der Sonden zum Prüfling und zu den Wänden sollte mehr als  $\lambda/4$  betragen, um die Messwerte nicht zu verfälschen. Um ein isotropes und gut verwirbeltes Feld am Prüfling zu garantieren, ist die Antenne nicht direkt auf den Prüfling zu richten, sondern direkt auf die angeregte Wand.



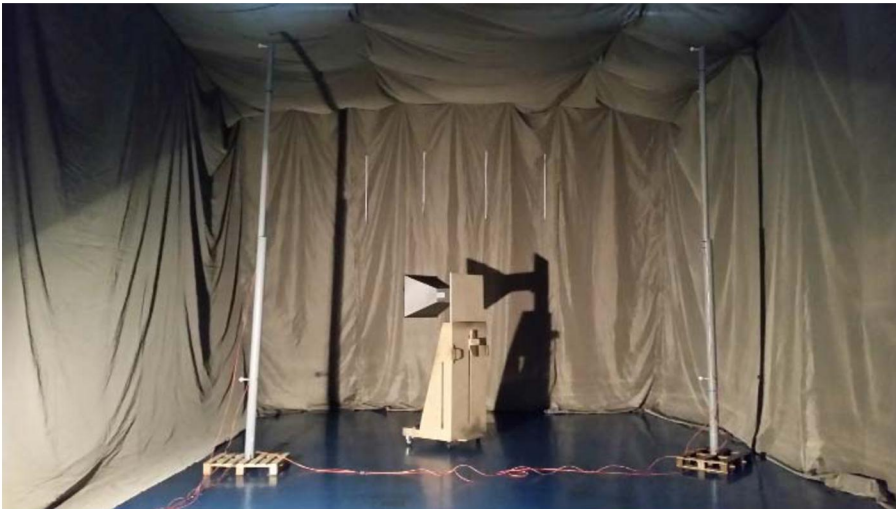


Abbildung 6: Messaufbau mit Sonden und Antenne

### ERGEBNISSE DER MACHBARKEITSSTUDIE

Zur Absicherung der Machbarkeit wurden Fahrzeuge mit auffälligen Elektroniken ausgerüstet und deren Störschwellen in der klassischen Absorberhalle ermittelt. Erneute Versuche in der MVK führten zu den gleichen Ergebnissen bei gleicher Feldstärke. Durch Positionsänderungen des Fahrzeuges innerhalb des Prüfolumens wurde das Ergebnis nicht verändert.

Die Standardabweichung ist im oberen Frequenzbereich gut (bei  $\sigma < 3$ ), allerdings verschlechtert sich diese im unteren Frequenzbereich um 100 MHz.

Wie erwartet wurde in der Untersuchung bestätigt, dass im Frequenzbereich unter 1 GHz die MVK eine geringere Speiseleistung benötigt als die Absorberhalle. Eine mittlere Feldstärke von knapp 100 V/m ließ sich schon mit 500 W im Frequenzbereich 100-1000 MHz aufbauen. In den höheren

Frequenzen benötigt die MVK jedoch mehr als die klassische Halle. Bei dem geprüften Bus (12 m) stellte sich eine mittlere Feldstärke von etwa 60 V/m bei einer Verstärkerleistung von 150W im Bereich über 1 GHz ein. Bei dem kleineren Lkw konnten mit 150 W rund 75 V/m erreicht werden.

### FAZIT UND AUSBLICK

Der Prototyp ist ein voller Erfolg und konnte auch weitere OEM's von dieser Technik überzeugen. Die Umbauzeit beläuft sich selbst mit dem Prototyp, abgesehen von den zusätzlichen Auslegern an der Stripline, auf unter einer Stunde. Eine Serienlösung zur Erweiterung der großen Absorberhalle bei AKKA EMC GmbH in Waiblingen (ehemals MBtech EMC GmbH) zur weltweit ersten Serien Hybrid Chamber ist zurzeit in Arbeit.

Abgesehen davon, dass der „tuned mode“ in einer VIRC nicht realisierbar ist, ist

für mich die Entscheidung zwischen „tuned“ und „stirring“ Mode gefallen. Der „stirring Mode“ ist einfach deutlich zeitsparender gegenüber dem „tuned“, der faktisch keinen Zeitgewinn aufweisen kann.

Dies spiegelt sich auch in der Beobachtung wieder, dass nicht der Mittelwert der Max-Werte aller 24 Feldvektoren gemäß IEC 61000-4-21 zu den Auffälligkeiten in der Absorberhalle korreliert, sondern der Mittelwert aller acht Feldvektorbeträge.

Für die wissenschaftliche Untermauerung dieses Verfahrens konnten wir Herrn Danilo Izzo als Doktorand gewinnen. Er promoviert an der Uni Twente unter der Leitung von Prof. Dr. Lefernik und wird dieses Verfahren weiter treiben.



Dipl.-Ing. Alexander Rommel,  
Dipl.-Ing. Danilo Izzo,  
Daimler AG – Truck Product Engineering - EMV

■ [www.daimler.com](http://www.daimler.com)  
■ [www.infracron.de](http://www.infracron.de)