

# **Vergleichbarkeit verschiedener Emissionsmessverfahren in der Automobil-EMV**

Dipl.-Ing. Michael Zerrer, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Kurt Feser, Dr.-Ing. Wolfgang Köhler  
Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik, Universität Stuttgart,  
email: mzerrer@ieh.uni-stuttgart.de

Dr.-Ing. Martin Aidam, Research & Technology, DaimlerChrysler AG

## **1. Kurzfassung**

Zur Sicherstellung der EMV von Fahrzeugen müssen geeignete Komponentenmessverfahren und Grenzwerte definiert werden, anhand derer das Verhalten verbauter Komponenten im Fahrzeug hinreichend genau abgeschätzt werden kann. Das Hauptproblem besteht dabei darin, sinnvolle Grenzwerte für diese Messverfahren festzulegen, da in der Regel zwischen den späteren Fahrzeugmessungen und den Komponentenmessverfahren beachtliche Unterschiede hinsichtlich der wirksamen Koppelmechanismen vorliegen. Um diese Problematik näher zu untersuchen werden die zwischen den verschiedenen Messverfahren vorhandenen Korrelationen genauer betrachtet. Mit Hilfe dieser Ergebnisse sollen bestehende Grenzwerte für die einzelnen Emissionsmessverfahren überprüft bzw. neu definiert werden.

## **2. Einleitung**

Moderne Fahrzeuge werden mit immer mehr elektronischen Komponenten und Steuergeräten ausgerüstet. Diese regeln und steuern unzählige Funktionen, zum Beispiel Motorsteuerung, Antiblockiersystem, Fahrstabilitätshilfen bis hin zu Informations- und Navigationssysteme sowie Unterhaltungsgeräte. Dabei muss sichergestellt werden, dass sich die Geräte im Fahrzeug nicht gegenseitig unzulässig stören. Noch vor einigen Jahren war es möglich, die EMV-Messungen am Fahrzeug-Prototyp vorzunehmen, da bis zum Serienlauf noch ausreichend Zeit war, eventuell erforderliche EMV-Maßnahmen zu treffen.

Immer kürzer werdende Entwicklungszeiten, die Nichtverfügbarkeit von Fahrzeugprototypen sowie die erheblich gestiegene Anzahl von Steuergeräten erfordern heute Ersatzmessverfahren an den einzelnen Komponenten, z.B. Funkstörspannungsmessungen mit Bordnetznachbildungen, Antennenabstrahl- oder Stromzangenmessungen (1). Von den Herstellern der Komponenten werden bereits während der Entwicklung Grenzwerte für solche Ersatzmessverfahren benötigt, die eine möglichst genaue Vorhersage des späteren EMV-Verhaltens einzelner Komponenten im verbauten Zustand ermöglichen. Ein wesentlicher Punkt bei diesen Emissionsmessungen ist im Fahrzeugbereich stets die Störung des Rundfunkempfangs durch die Fahrzeugelektronik. Dies wurde dadurch

berücksichtigt, dass bei vielen Kopplungsmessungen die Funkstörspannung am Fußpunkt der Fahrzeuggrundfunkantenne ausgewertet wurde.

Mit sinnvoll definierten Grenzwerten kann vermieden werden, dass der Hersteller sein Gerät unnötig aufwändig entstört. Andererseits können teure Nachbesserungen vermieden werden, die entstehen, wenn erst zu einem späten Zeitpunkt festgestellt wird, dass eine bestimmte Komponente nicht ausreichend entstört wurde.

Um sinnvolle Grenzwerte zu definieren ist es notwendig, von Komponentenmessungen im unverbauten Zustand auf die entsprechenden Messungen im verbauten Zustand, also im Fahrzeug, schließen zu können. Dazu werden zunächst Korrelationsfaktoren und Transferfunktionen zwischen Messmethoden an einzelnen Komponenten und Messungen im Fahrzeug ermittelt. Zusätzlich sollen mögliche Einbauräume im Kfz nach EMV-Gesichtspunkten klassifiziert werden. Auf diese Weise können Korrelationsfaktoren helfen, die Kopplung z.B. von einer bestimmten Einbaustelle auf die Fahrzeug-Radioantenne in der Heckscheibe zu bestimmen.

Um die oben genannten Korrelationen und die zu erwartenden Störeinkopplungen möglichst genau ermitteln bzw. abschätzen zu können, wurden verschiedene Ansätze gewählt welche im Folgenden erläutert werden.

### 3. Versuchsaufbau und Datenaufbereitung

In einem ersten Ansatz wurde die Emission von unterschiedlichen Komponenten und Geräten mit jeweils verschiedenen Messmethoden ermittelt. So wurden z.B. die von einem DC-DC-Wandler abgestrahlte Funkstörfeldstärke mit der Antenne gemessen. Die selbe Komponente wurde auch unter der Stripline untersucht und es wurden Stromzangenmessungen durchgeführt. Damit man diese Messergebnisse besser vergleichen kann, müssen die erhaltenen Messdaten allerdings erst aufbereitet werden. Dies ist nötig, da manche Messergebnisse zumindest in manchen Frequenzbereichen stark verrauscht sind (Probleme der Messdynamik). Außerdem lässt die Reproduzierbarkeit einzelner Messergebnisse zu wünschen übrig (Statistische Streuung, Umgebungseinflüsse).

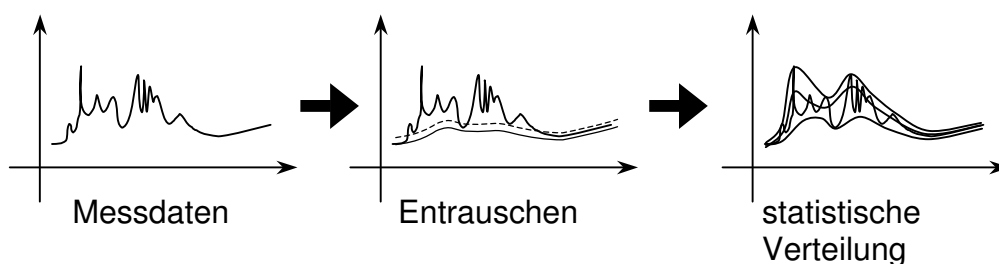


Bild 1: Prinzipielle Vorgehensweise bei der Aufbereitung der Messdaten

### 3.1 Entrauschen

Als erstes muss sichergestellt werden, dass die Messwerte weit genug vom Rauschpegel der verwendeten Messanordnung entfernt sind. Sonst misst man die Rauscheigenschaften des Messaufbaus, die weitgehend unabhängig vom Messobjekt ist. Daher werden alle Messpunkte als ungültig gekennzeichnet, die weniger als 6 dB über dem jeweiligen Rauschpegel des Messempfängers liegen. Je nach Art der Messung und verwendetem Detektor (average, peak, rms..) wird der aufgezeichnete Datensatz auf diese Weise mit dem entsprechenden Rauschfile (Nullmessung) „entrauscht“.

Das folgende Beispiel zeigt eine Störquelle (Bild 2), die nur an wenigen Stellen des gemessenen Frequenzbereichs einen Störpegel liefert, der mehr als 6 dB über dem Rauschen liegt (durch Punkte gekennzeichnet). Alle anderen Messwerte unter der Grenzkurve (Rauschgrenze + 6 dB) werden bei der weiteren Auswertung nicht verwertet.

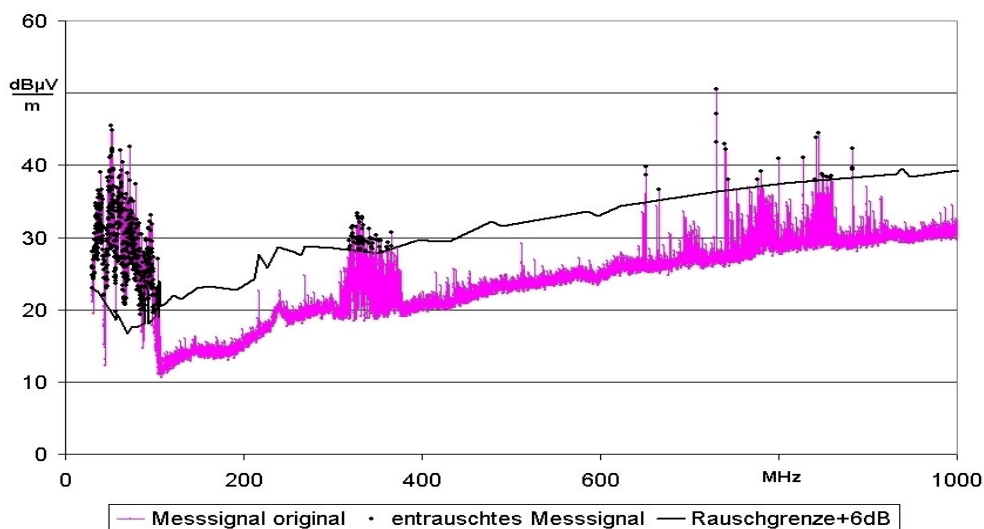


Bild 2: Beispielmessung eines Störers, dessen Störspektrum nur an wenigen Stellen mehr als 6dB über dem Rauschpegel des Messempfängers liegt

### 3.2 Statistische Verteilung

Als nächstes wird der abgedeckte Frequenzbereich in mehrere Frequenzabschnitte unterteilt. Die Abschnitte sind im unteren Frequenzbereich feiner, bei höheren Frequenzen werden die Abschnitte zunehmend breiter. Auf diese Weise wird der Frequenzbereich von 0,1 MHz bis 1 GHz in 30 Frequenzabschnitte unterteilt.

Damit kleine Verschiebungen von Resonanzen oder Peaks keinen Einfluss auf das Ergebnis haben, wurden die Frequenzbereiche so gewählt, dass sie sich überlappen (Bild 3). Jeder Messwert kommt so immer in zwei benachbarten Frequenzabschnitten vor. Frequenzverschiebungen können viele Ursachen haben, die oft nicht beeinflussbar sind, wie z.B. kleine Unterschiede im geometrischen Aufbau (2) der Messanordnung.

Innerhalb eines solchen Abschnittes werden die Frequenzinformation der einzelnen Messwerte verworfen und nur die verbleibenden Pegelwerte in einem Array der Größe nach angeordnet. Aus diesem Array werden nun die 0%, 10%, 20%, 30%..90%, 100% Werte extrahiert. Diese 11 Werte werden der mittleren Frequenz des Frequenzbandes zugeordnet. Auf diese Weise erhält man mehrere Kurven, wobei entsprechend 0%, 10% .. 100% der ursprünglich gemessenen Werte unter diesen Kurven liegen.

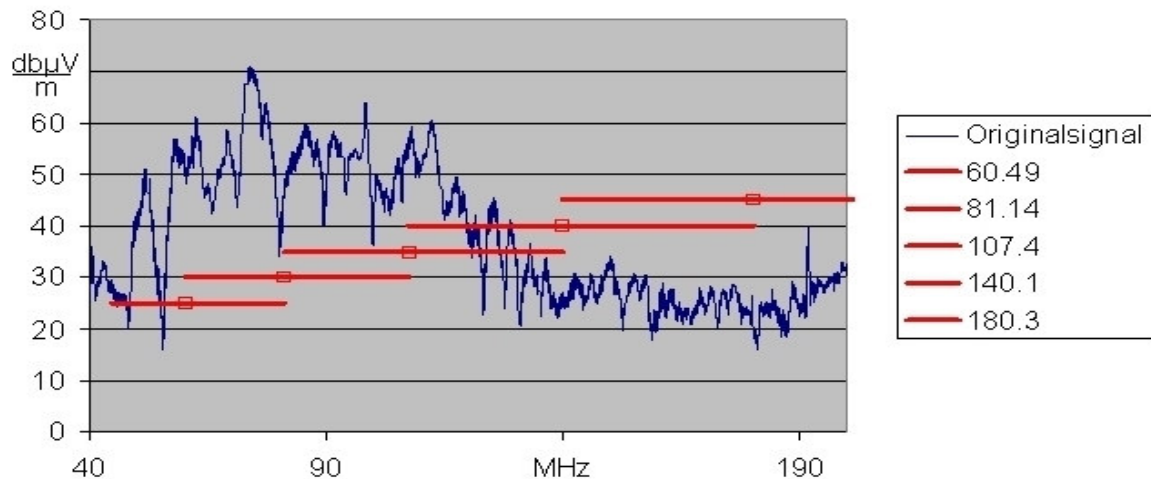


Bild 3: Unterteilung in einzelne Frequenzabschnitte (Teilfrequenzbereich aus Bild 4)

Diese Kurven lassen sich aufgrund der geringen Punkteanzahl sehr gut vergleichen besitzen aber trotzdem den charakteristischen Verlauf der Originalmesswerte, (Bild 4)

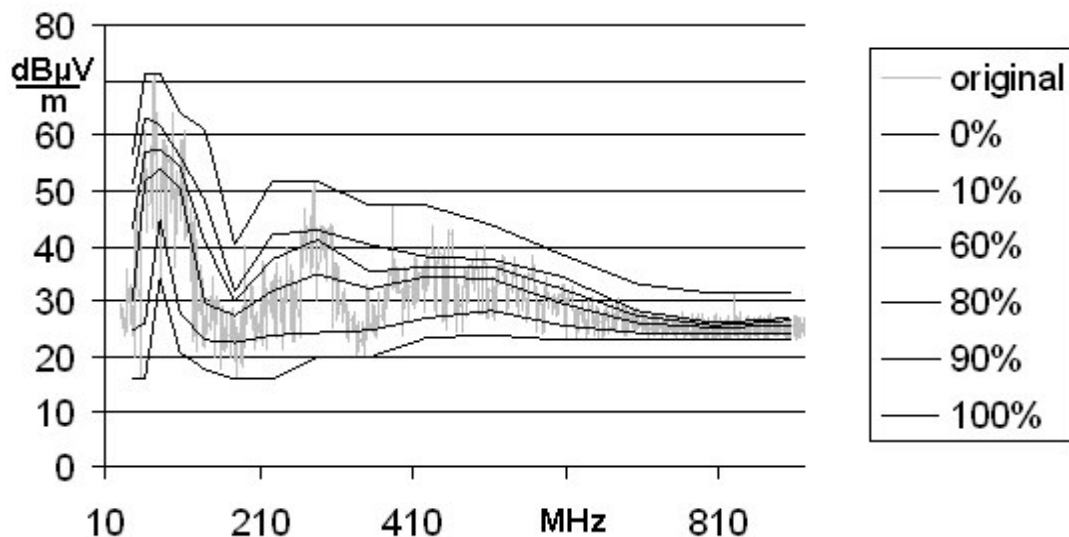


Bild 4: Abgestrahlte Funkstörfeldstärke (horizontal) und die dazugehörigen statistischen Auswertungskurven

#### 4. Vergleich von Antennenmessung mit Stromzangenmessung:

In einem ersten Schritt wurde untersucht, ob man auf diese Weise signifikante Korrelationsfaktoren zwischen verschiedenen Messverfahren finden kann. Dazu wurden zunächst Emissionsmessungen von verschiedenen Störern mit Antenne und Stromzange durchgeführt.

Die Idee war, dass wenn es Korrelationsfaktoren zwischen Antennenmessung und Fahrzeugmessung sowie Stromzangenmessung und Fahrzeugmessung gibt, dass dann auch Korrelationsfaktoren zwischen Antennen- und Stromzangenmessung vorhanden sein müssen (3). Diese Messungen sind wesentlich einfacher durchzuführen, weil dazu kein Fahrzeug notwendig ist.

##### 4.1 Versuchsaufbau

Der Messaufbau für Antennen- und Stromzangenmessung war gemäss CISPR 25. Zuerst wurde jeweils die Funkstörspannung mit der Antenne gemessen, danach wurden am selben Kabelbaum Messungen mit der Stromzange durchgeführt (Bild 5).

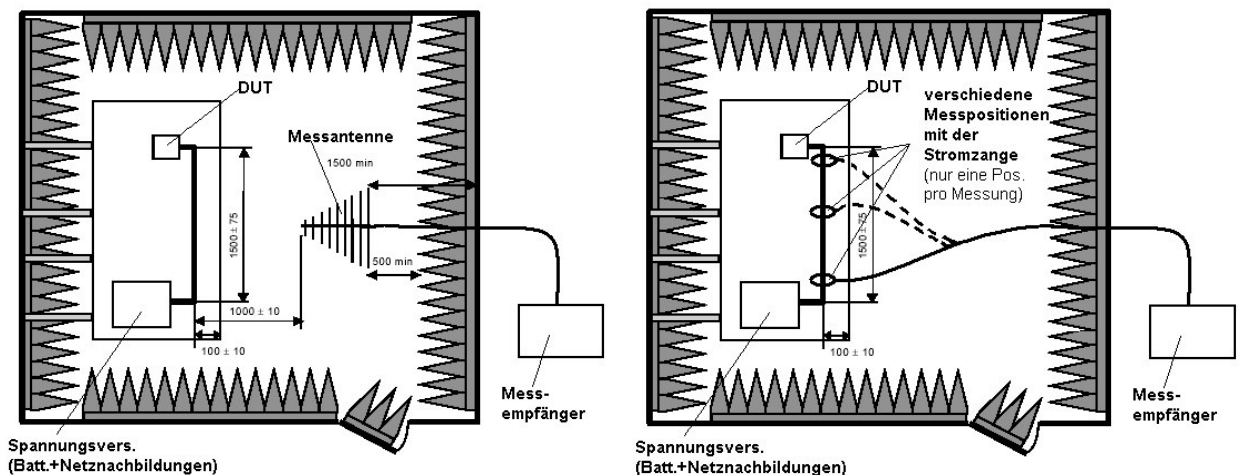


Bild 5: Schematischer Messaufbau bei Antennen- und Stromzangenmessung

##### 4.2 Ergebnisse des Vergleichs

Vergleicht man die Messungen von verschiedenen Komponenten, so erhält man Korrelationsfaktoren, die sich je nach vermessenem Störer teilweise stark unterscheiden.

Bild 6 zeigt verschiedene Messungen mit unterschiedlichen Störern. Die Korrelationsfaktoren für den Vergleich Antennenmessung - Stromzangenmessung zeigen einen teilweise stark unterschiedlichen Verlauf. Um verlässliche Korrelationsfaktoren zu erhalten sind weitere Untersuchungen nötig, um zu klären, wo die Unterschiede ihre Ursache haben. Ein Ansatz ist die Einteilung der Störer in verschiedene Kategorien.

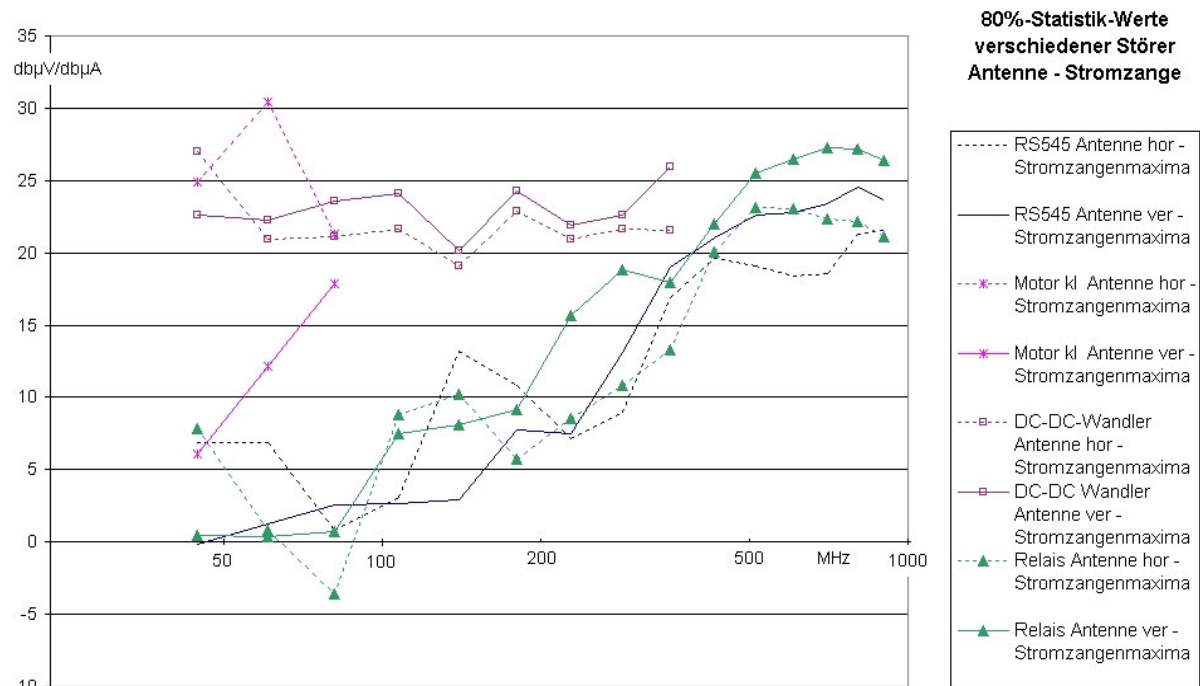


Bild 6: Auswertung verschiedener Antenne-Stromzangenmessungen

In Bild 6 kann man erkennen, dass die beiden Korrelationskurven für den Motor RS545 und das geschaltete Relais relativ nahe beieinander verlaufen. Beide Störer zeigen bei ihrem Betrieb eine ausgeprägte Funkenentwicklung, beim Motor das Bürstenfeuer, beim Relais der Funke, der beim Trennen der Kontakte entsteht. Dagegen zeigt der kleine Motor sowie der DC-DC-Wandler allerdings wieder ein anders Verhalten. Wie diese Unterschiede zu deuten sind müssen weitere Untersuchungen zeigen.

## 5. Messung von Transferfunktionen in KFZ

Ein weiterer Untersuchungspunkt war die Messung von Transferfunktionen im KFZ selbst. Dazu wurde als Empfängerantenne die fahrzeugeigene Radioantenne benutzt. Der Messaufbau war wie in Bild 7 dargestellt. Derartige Messungen können auch ohne Schirmkabine durchgeführt werden, weil die Einspeiseleistung des Netzwerkanalysators, (ggf. mit nachgeschaltetem Verstärker) genügend groß ist, um externe Störeinkopplungen relativ klein zu halten.

Mit diesem Messaufbau können so für verschiedene Einbauorte der unterschiedlichen KFZ-Komponenten die entsprechenden Transferfunktionen bestimmt werden. Die Messungen wurden mit zwei unterschiedlichen Einkoppelarten vom Port1 durchgeführt. Zunächst wurde mit der Stromzange über den gesamten Kabelbaum eingekoppelt (magnetische Stromeinkopplung), anschließend wurde über ein 50 Ω RC-Glied elektrisch eingekoppelt (selektive Störspannungseinkopplung auf einzelne Leiter). Mit diesen beiden Messungen können dann Korrelationsfaktoren zu den entsprechenden Messungen mit der KFZ-50 Ω-Netznachbildung sowie der Stromzangenmessungen gefunden werden.

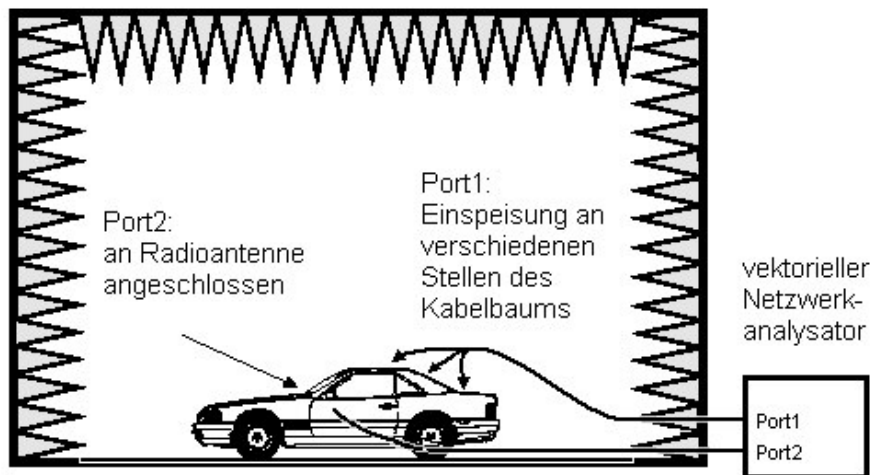


Bild 7: Prinzipieller Messaufbau für Messung der Transferfunktionen mit dem Netzwerkanalysator

Im Vortrag werden weitere Ergebnisse zur Messung der Transferfunktion und Korrelationsfaktoren präsentiert.

## 6. Zusammenfassung

Um bei KFZ-Emissionsmessungen die Resultate von Fahrzeugmessungen und von Komponentenmessungen miteinander vergleichen zu können, wurden zwei verschiedene Ansätze verfolgt. Als erstes wurden Korrelationen zwischen zwei unterschiedlichen Messverfahren (Störemissionsmessung mit der Antenne und Kabelbaumabstrahlungsmessungen mit der Stromzange) durchgeführt. Der Vergleich dieser beiden Messmethoden zeigt, dass durch eine Typklassifizierung von Komponenten solche Korrelationen durchaus gefunden werden können. In weiteren Untersuchungen wurden Transferfunktionen von verschiedenen Einbauorten innerhalb des Fahrzeugs zum Fußpunkt der fahrzeugeigenen Rundfunkantenne gemessen. Diese Transferfunktionen und die ermittelten Korrelationen zwischen den einzelnen Messverfahren helfen, das Verhalten der Komponenten im verbauten Zustand abzuschätzen.

Referenzen:

- (1) "Comparison of automotive unit emc test techniques" P.Miller, M.O'Hara
- (2) "Automotive EMC test harnesses: Standard lengths and their effect on radiated emissions" M.O'Hara, J.Colebrooke
- (3) EMC Zurich 2003: "A comparison of immunity test methods for automotive testing" F.Crisci, R.De Leo, M.De Riso, V.M.Primiani