



Elektromagnetische Verträglichkeit von Funksystemen für Automobile

Sonderdruck aus der
Automobiltechnischen Zeitschrift (ATZ)

Perfektion eingebaut

fektion eingebaut

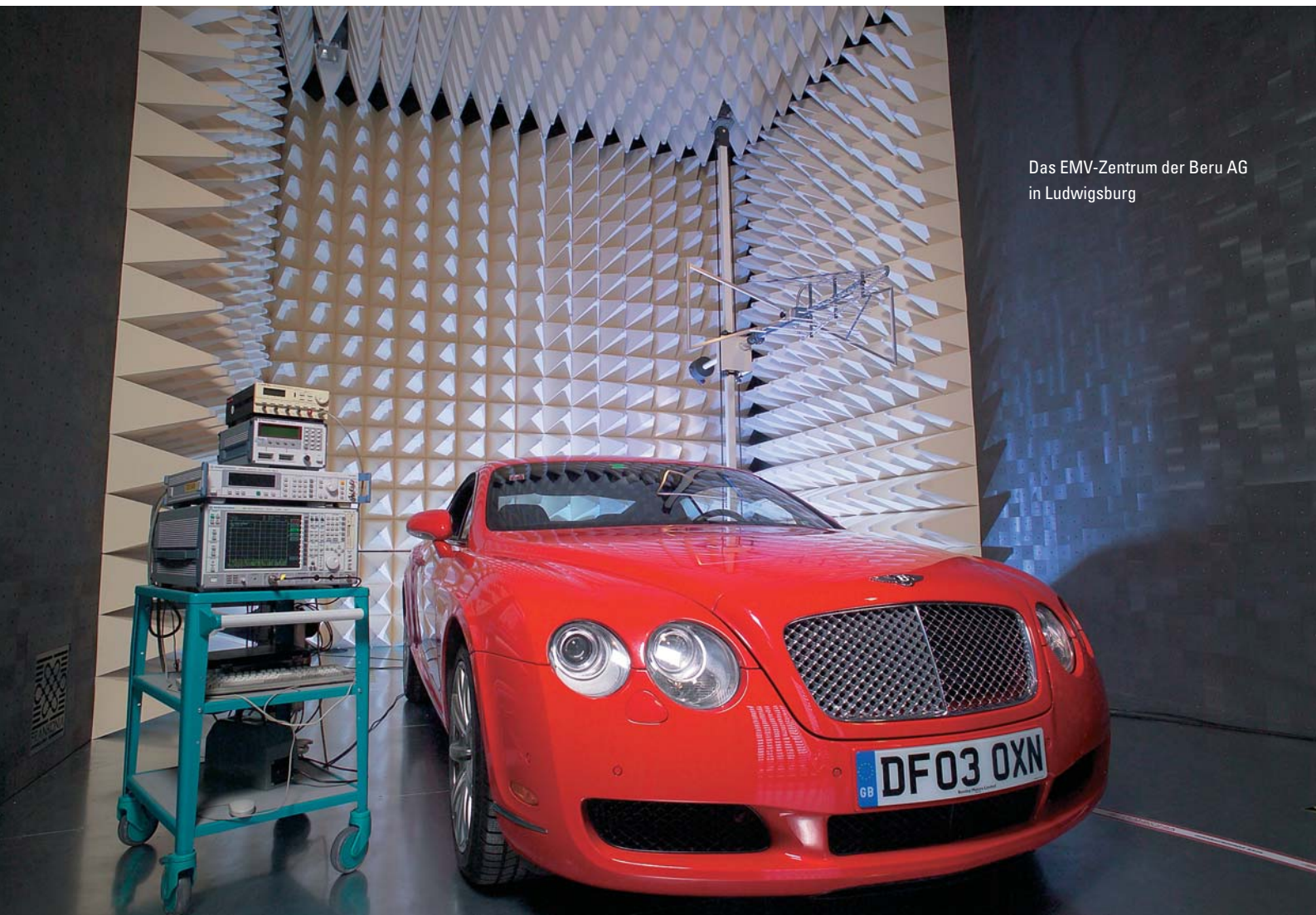
Der Spezialist für
Zündung, Dieselmotoren,
Elektronik und Sensorik



Elektromagnetische Verträglichkeit von Funksystemen für Automobile

Die zunehmende Zahl elektrischer und elektronischer Komponenten im Automobil hat erheblichen Einfluss auf dessen Sicherheit und Umweltverträglichkeit. Die deshalb einzuhaltenden gesetzlichen Standards sind in der vor Kurzem modifizierten so genannten Kfz-Richtlinie festgelegt. Speziell Funksysteme unterliegen jedoch noch zusätzlichen Anforderungen wie der R&TTE-Richtlinie. Am Beispiel des Reifendruck-Kontrollsystems TSS der Beru AG wird erläutert, wie Hersteller bislang mit diesen teils widersprüchlichen Vorgaben umgehen mussten und wie sie bezüglich der Zulassungsvorschriften mit den verschiedenen involvierten Behörden zusammenarbeiteten. Nun wurde die bislang geduldete Vorgehensweise in eine neue Richtlinie überführt.

Das EMV-Zentrum der Beru AG
in Ludwigsburg



1 Einleitung

In modernen Kraftfahrzeugen spielen elektrische und elektronische Bauteile eine zunehmend wichtigere Rolle. Dazu zählen auch immer mehr Funksysteme, welche die Funktionalität, die Sicherheit oder den Komfort eines Automobils verbessern; so beispielsweise funkbasierte Systeme für Zentralverriegelung, Autotelefon, Abstandswarner oder auch das von der Beru AG entwickelte und für viele Fahrzeuge gelieferte Reifendruck-Kontrollsystem TSS (Tire Safety System).

Bevor jedoch eines dieser Systeme den legalen Weg ins Kraftfahrzeug findet, muss jedes einzelne seiner Module umfangreiche Validierungsprüfungen bestehen, um eine Freigabe des Fahrzeugherstellers für den Einbau ins Kraftfahrzeug zu erhalten. Dazu zählen außer den üblichen Qualitätsprüfungen und Lebensdauerests auch Umweltprüfungen sowie Tests der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).

Völlig unabhängig von den Vorgaben der Fahrzeughersteller und Zulieferer sieht der Gesetzgeber zudem vor, dass Fahrzeuge und die darin befindlichen Systeme und Bauteile ein reglementiertes Typpengenehmigungsverfahren durchlaufen, **Bild 1**. Dies hat zum Ziel, dass nur solche Fahrzeuge am Straßenverkehr teilnehmen, die in Bezug auf Sicherheit und Umweltrelevanz die definierten, gesetzlichen Mindeststandards einhalten.

2 Elektromagnetische Verträglichkeit

Bedingt durch die gewachsene Anzahl elektronischer Bauteile einerseits als auch durch deren Vernetzung über Bussysteme im Kraftfahrzeug andererseits hat die EMV in den letzten Jahren erheblich an Relevanz gewonnen. Grundsätzlich gilt dabei, dass ein elektronisches Bauteil

- unter allen spezifizierten Betriebsbedingungen unempfindlich gegen von außen wirkende Einflüsse sein muss
- andere elektrische Systeme nicht beeinflussen darf und
- während seines Betriebs einen ungestörten (Rund-)Funkempfang ermöglichen muss – sowohl im Automobil selbst, als auch in dessen Umgebung.

Da Fahrzeuge zweckbedingt nicht stationär betrieben werden, wechseln die Umgebungsbedingungen für die Bauteile permanent, was die Sicherstellung der EMV erschwert. Genügten in der Vergangenheit noch relativ einfache Störschutzmaßnahmen wie passive Filter oder Schirmungen (gegebenenfalls sogar nachträglich montiert), so sind heute, bedingt durch die Komplexität der Gesamtsys-

teme, adäquate EMV-Maßnahmen bereits bei der Bauteile- und Schaltungskonzeption zu berücksichtigen. Eine besondere Herausforderung an die Entwickler stellen dabei sowohl die zunehmende Zahl verschiedener stationärer Funkeinrichtungen (zum Beispiel Send-Empfang-Anlagen für den Mobilfunk/Handy), als auch die im Fahrzeug selbst vermehrt eingesetzten Kommunikationssysteme (zum Beispiel Autotelefon, dynamische Navigationseinrichtung, TV-Empfang und Bluetooth-Notebook-Anwendung).

2.1 Relevante Normen

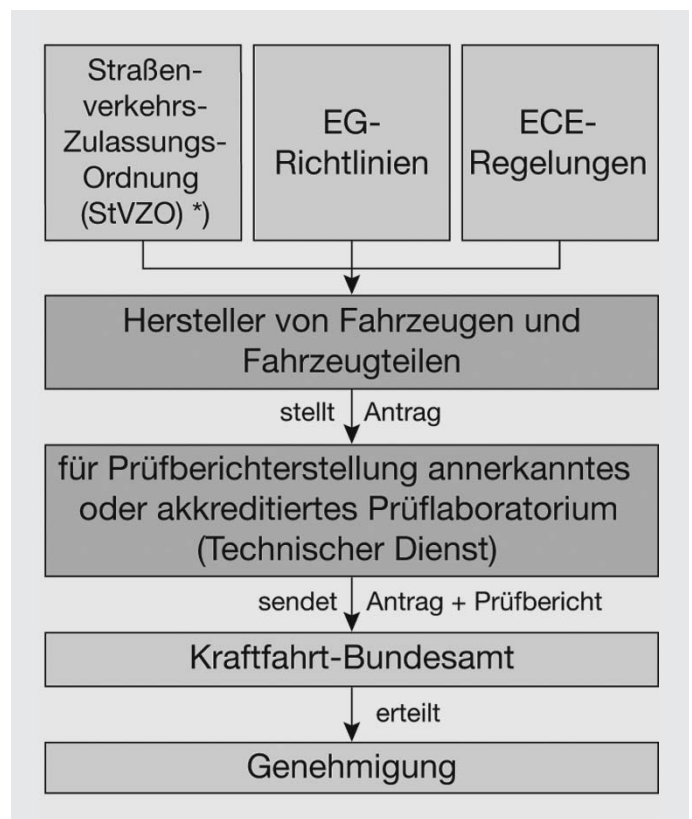
In zahlreichen nationalen und internationalen Normen sind die dazu vorgegebenen EMV-Messverfahren festgeschrieben. Bezüglich der Störaussendungen sind folgende zwei Normen relevant:

- IEC/CISPR 12 (Limits and Methods of Measurement of Radio Interference Characteristics of Vehicles, Motor Boats and Spark-ignited Engine-driven Devices)
- IEC/CISPR 25 (Limits and Methods of Measurement of Radio Disturbance Characteristics for the Protection of Receivers Used On-board Vehicles).

Die nötige Störfestigkeit wird durch nachstehende internationale Normen beschrieben:

- ISO 7637 (Road Vehicles – Electrical Disturbance by Conducting and Coupling – Part 1 to 3)
- ISO 10605 (Road vehicles – Electrical Dis-

Bild 1: Schematisierter Ablauf des Genehmigungsverfahrens für genehmigungspflichtige Kfz-Komponenten (* gilt nicht für Pkw-EG-Typpengenehmigung)



Die Autoren



Dipl.-Ing. Hans Houben ist Leiter der Entwicklung bei der Beru AG in Ludwigsburg.



Dipl.-Ing. (FH) Zlatan Saric ist Mitarbeiter im Fachbereich EMV, verantwortlich für Funkzulassungen des TSS bei der Beru AG in Ludwigsburg.



Dipl.-Ing. (FH) Joachim Scheyhing leitet den Fachbereich EMV bei der Beru AG in Ludwigsburg.



Matthias Wöhr ist Leiter des Bereichs Technische Dienste (EMV, Motorversuch, Dokumentation) innerhalb der Entwicklung bei der Beru AG in Ludwigsburg.

- turbance from Electrostatic Discharges)
- ISO 11451 (Road Vehicles – Electrical Disturbances by Narrow-band Radiated Electromagnetic Energy – Vehicles Test Methods – Part 1 to 4)
- ISO 11452 (Road Vehicles – Electrical Disturbances by Narrow-band Radiated Electromagnetic Energy – Component Test Methods – Part 1 to 7).

Die Anforderungen, die in Bezug auf die EMV erfüllt werden müssen, sind in der so genannten „EMV-Kfz-Richtlinie“ festgelegt. Im Amtsblatt der Europäischen Union ist diese derzeit noch gültige EMV-Kfz-Richtlinie unter der Bezeichnung 72/245/EWG [1], angepasst durch 95/54/EG [2], unter der Amtsblattnummer L266 zu finden (<http://europa.eu.int/eur-lex/lex/de/index.htm>).

2.2 Spezielle Problematik durch zwei Richtlinien

Für die im Automobil verwendeten Funksysteme gelten jedoch noch weitere Anforderungen, die durch die genannte Kfz-Richtlinie nicht abgedeckt werden. Derartige Systeme fallen auch unter die „Richtlinie 1999/5/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 1999 über Funkanlagen und Telekommunikations-Einrichtungen sowie die gegenseitige Anerkennung ihrer Konformität“ (Radio Equipment and Telecommunications Terminal Equipment and the Mutual Recognition of their Conformity) – kurz R&TTE-Richtlinie genannt [4]. Diese europäische Richtlinie wurde durch das nationale FTEG (Funkanlagen- und Telekommunikations-Einrichtungsgesetz) in deutsches Recht umgesetzt. Die Richtlinie wurde am 7. April 1999 im Amtsblatt L 91/1999 der Europäischen Gemeinschaft veröffentlicht und hat damit Rechtskraft. Die EWR- und EFTA-Länder sowie die Beitrittskandidaten wenden sie ebenfalls an (<http://europa.eu.int/eur-lex/lex/de/index.htm>).

Seit dem 8. April 2001 muss jedes funktechnische Gerät, das innerhalb der EU in Verkehr gebracht wird, die Anforderungen der R&TTE-Richtlinie erfüllen. Nur wenn das Produkt allen darin beschriebenen Anforderungen entspricht, darf es mit dem CE-Kennzeichen versehen und anschließend im europäischen Wirtschaftsraum verkauft und genutzt werden.

Da das Reifendruck-Kontrollsystem TSS von Beru in Kraftfahrzeugen verbaut wird, fällt es eindeutig unter die Kfz-Richtlinie. Bedingt durch seine Funkkomponenten unterliegt es jedoch ebenso der R&TTE-Richtlinie. Die bislang gültige EMV-Kfz-Richtlinie geht allerdings nur unzureichend, respektive gar nicht auf die besonderen Belange eines Funk-



Bild 2: Komponenten des funkbasierten Beru Reifendruck-Kontrollsystems TSS; von links: Triggersender, Steuergerät, Radelektronik, Digitalantenne

systems ein. So werden zum Beispiel die erwünschte Aussendung eines HF-Senders (Hochfrequenz) und seine Nebenwellen-Aussendung oder der Schutz des Empfangsbands bei den Störfestigkeitsprüfungen nicht berücksichtigt. Grundsätzlich verstoßen deshalb alle Funkgeräte gegen die EMV-Kfz-Richtlinie. Daher sind Maßnahmen oder individuelle Vereinbarungen nötig, damit Funksysteme beim Typgenehmigungsverfahren nicht mit einem negativen Ergebnis befunden werden. Dies wäre beispielsweise bei einem Empfänger der Fall, der logischer Weise in seinem Empfangsbereich keine normgemäße Störfestigkeit aufweisen kann. Die Beru AG hat schon in der Vergangenheit durch intensive Zusammenarbeit mit dem Kraftfahrtbundesamt (KBA) dazu eine praktikable Vorgehensweise gefunden, um die möglichen Zulassungshürden bei in Kraftfahrzeugen verbauten Funksystemen zu überwinden.

3 Funktionen des Reifendruck-Kontrollsystems

Das Reifendruck-Kontrollsystem TSS der Beru AG hat folgende Funktionen [5–7]:

- permanente Überwachung des Reifendrucks
- frühzeitige Warnung bei Druckverlust und Reifenpanne

- Vermeidung von Fehlern bei der Reifenbefüllung
- automatische Eigenraderkennung und Ortung der Räder.

Um diese Funktionen zu erfüllen, verfügt das System über eine batteriegespeiste Radelektronik, die im Innern der Reifen in kurzen Abständen Druck und Temperatur misst. Zusammen mit einer individuellen Kennung der Radelektronik sowie Angaben über die Restlebensdauer der Batterie werden diese Werte in so genannten Datentelegrammen per Funk an eine Antenne mit integriertem HF-Empfänger übertragen. Die Antenne wandelt die HF-Signale mittels Microcontroller in digitale Informationen um und leitet diese dann über einen LIN-Bus an ein zentrales Steuergerät weiter. Das Steuergerät wertet anschließend die Daten aus und entscheidet, ob der Fahrer über Störungen informiert werden muss. Die Komponenten des TSS zeigt **Bild 2**.

4 Differenzen zwischen EMV-Kfz- und R&TTE-Richtlinie

Sowohl die EMV-Kfz-Richtlinie als auch die R&TTE-Richtlinie sind so genannte vertikale Richtlinien. Dies bedeutet, dass sie als Einzelrichtlinien die Schutzanforderungen einer speziellen Produktart so umfassend fest-

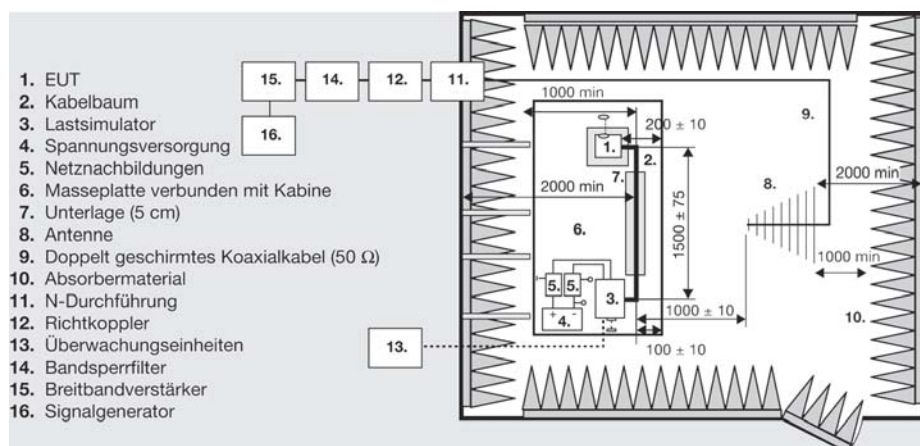


Bild 3: Störfestigkeitsprüfung im Absorberraum; Bandsperrfilter in den Prüfzweig integriert; Unterdrückung des Eigenrauschens und Gewährleistung des Signal-Rausch-Abstandsverhältnisses

schreiben, dass für entsprechende Erzeugnisse die Anwendung anderer Richtlinien in der Regel nicht erforderlich ist. Die grundlegenden Anforderungen der R&TTE-Richtlinie erstrecken sich dabei auf folgende Punkte:

- den Schutz der Gesundheit des Benutzers und anderer Personen
- den Schutz der Komponenten in Bezug auf die EMV.

Die R&TTE-Richtlinie ist nach dem so genannten New Approach formuliert. Das heißt, sie ist so aufgebaut, dass sie die allgemeinen Anforderungen regelt, die technischen Details jedoch in harmonisierten Normen beschrieben sind. Die am Beispiel des TSS zu verwendenden harmonisierten Normen sind:

- ETSI EN 301 489-1 (allgemeine EMV-Anforderungen für Funkanlagen)
- ETSI EN 300 220-1 (Funkanlagen im Frequenzbereich von 25 bis 1000 MHz mit Sendeleistungen bis 500 mW)
- ETSI EN 300 330-1 (Funkanlagen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 25 MHz)
- DIN EN 60950-1 (Einrichtungen der Informationstechnik-Sicherheit).

Entsprechende Auszüge der Normen sind im Internet unter folgendem Link zu finden: <http://www.europa.eu.int/comm/enterprise/newapproach/standardization/harmstds/reflist/radiotte.html>.

4.1 Störfestigkeitsprüfungen elektronischer Unterbaugruppen

Bei Störfestigkeitsprüfungen wird mit Hilfe von Verstärkern und dazugehörigen Sendeantennen ein elektrisches Feld erzeugt, dem die elektronischen Unterbaugruppen (EuB) aus-

gesetzt werden. Während der Prüfung ist die einwandfreie Funktion der EuB zu gewährleisten. Breitbandverstärker erzeugen prinzipbedingt ein breitbandiges Grundrauschen sowie Oberwellen, welche das Empfangsband eines Empfängers beeinträchtigen können. Um dennoch die Funktion vor der eigentlichen Prüfung zu ermöglichen, werden so genannte Bandsperrfilter in den Prüfpfad geschaltet, **Bild 3** und **Bild 4**. Diese stellen sicher, dass das Empfangsband des Empfängers frei von diesen Störungen bleibt. Zusätzlich wird gemäß der R&TTE-Richtlinie 1999/5/EG [4] ein Schutzband eingerichtet. Innerhalb dieses Bands entfällt eine Störfeldbeaufschlagung, denn eine ausreichende Störfestigkeit kann nur außerhalb des jeweiligen Empfangsbandes geleistet werden, weil physikalisch bedingt Empfänger in ihrem jeweiligen Empfangsband keine Störfestigkeit aufweisen können.

Das EMV-Zentrum der Beru AG, ausgerüstet mit entsprechenden Bandsperrfiltern, die speziell auf das Produkt Reifendruckkontrollsystem mit seinen Send- und Empfangseinheiten angepasst sind und mit der Möglichkeit, die benötigten Schutzbänder einzurichten, ist somit in der Lage, bereits vor Einleitung des Typgenehmigungsverfahrens hausinterne Prüfungen gemäß der Forderungen von Kfz- und R&TTE-Richtlinie durchzuführen. Folgende Vereinbarungen wurden für Funkkomponenten getroffen:

- Prüfschärfe 30 V/m gemäß EMV-Kfz-Richtlinie 95/54/EG
- Schutzband $\pm 21,69$ MHz bei 433,92 MHz gemäß R&TTE-Richtlinie 1999/5/EG.

Die entsprechenden Messdiagramme zeigt **Bild 5**.

4.2 Störaussendungsprüfungen von elektronischen Unterbaugruppen

Im Gegensatz zu Störfestigkeitsprüfungen werden bei einer Störaussendungsprüfung mittels Messantenne in einem definierten Abstand zur EuB die von ihr ausgehenden elektromagnetischen Felder gemessen. Die dabei ermittelten Pegel dürfen bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. Dabei werden oft die Arbeitsfrequenzen von Sendern (wie zum Beispiel der im Reifen verbauten Radelektronik) zur Funksignalerzeugung – sowie die dabei immer vorkommenden ganzzahligen Harmonischen – mit den EMV-Grenzwerten der EMV-Kfz-Richtlinie bewertet.

In der Regel liegen die nötigen Pegel zur Funkübertragung über den EMV-Grenzwerten der Kfz-Richtlinie. Hier greift bislang, in Absprache mit dem KBA, ersatzweise die R&TTE-Richtlinie. Ähnlich zur Störfestigkeitsprüfung werden ein oder mehrere Frequenzbänder ausgespart. Das heißt, alle Frequenzen, die dazu dienen, Informationen nicht leitungsgebunden, sondern gestrahlt über eine Sendeantenne zu übermitteln, sind von den Störaussendungsprüfungen ausgenommen, siehe **Bild 6**. Diese Frequenzen – und ihre ganzzahligen Harmonischen – werden bezüglich ihrer Sendeleistung und ihrer effektiven Nutzung des Frequenzspektrums ausschließlich nach der R&TTE-Richtlinie bewertet.

5 Umsetzung im Beru-EMV-Zentrum

Die in allen Produktbereichen der Beru AG wachsenden Elektronikanteile bringt eine permanente Erweiterung und eine kontinuierliche Erneuerung des firmeneigenen EMV-Zentrums mit sich. Denn auch Produkte aus dem Fertigungsprogramm, die man nicht unmittelbar mit Elektronik in Verbindung bringt (beispielsweise Zündspulen), sind mittlerweile mit komplexen integrierten Elektronikern ausgestattet. Zündspulen findet man deshalb im EMV-Zentrum genauso wieder wie Innenraum-Zuheizer PTC oder die Diesel-Schnellstartsysteme ISS. Für die besonderen Belange dieser Hochstromverbraucher wurde speziell der Impulsmessplatz des EMV-Zentrums für Prüfungen nach der Norm DIN ISO 7637 ausgelegt, um Spitzenströme von bis zu 200 A führen zu können.

Um auch in Zukunft die Anforderungen der Fahrzeughersteller und der Typgenehmigungsbehörden gleichermaßen zu befriedigen, ist das EMV-Zentrum mit entsprechenden Messplätzen, siehe **Bild 7** und **Bild 8**, HF- und Mikrowellen-Breitbandverstärkern, Messantennen, einer separaten



Bild 4: Störfestigkeitsprüfung an einer Radelektronik

Schirmkabine für ESD-Untersuchungen (electrostatic discharge, elektrostatische Entladung) und vielen weiteren Prüfmitteln bestens ausgerüstet.

Mit dem hohen technischen Ausstattungsgrad und dem im EMV-Zentrum vorhandenen Know-how bezüglich der unterschiedli-

chen Prüf- und Zulassungsverfahren nicht nur für Europa, sondern auch für die Märkte USA, Kanada und Asien können umfangreiche Untersuchungen durchgeführt werden, um eine Zulassung für Funksysteme wie das Reifendruck-Kontrollsystem in den jeweiligen Zielländern erfolgreich zu beantragen.

6 Zusammenfassung

Die Unklarheiten mit dem Umgang von im Kraftfahrzeug eingesetzten Funksystemen in Bezug auf die Richtlinie 95/54/EG (EMV-Kfz-Richtlinie) sind nur dann zu lösen, wenn man als Hersteller betroffener Produkte bereits im Vorfeld einer Entwicklung eng mit den Behörden zusammenarbeitet. Durch diese Zusammenarbeit konnte im dargelegten Beispiel „Reifendruck-Kontrollsystem“ eine für alle Parteien akzeptable Vorgehensweise entwickelt werden, um bei Typgenehmigungsverfahren eindeutige Entscheidungen treffen zu können.

Mittlerweile wurde eine neue Richtlinie erlassen. Sie macht die bislang nötigen Individualabsprachen zwischen Hersteller und dem Kraftfahrtbundesamt (KBA) respektive anderen europäischen Zulassungsbehörden weitgehend überflüssig und gibt dadurch den Komponentenanbietern die nötige Rechtssicherheit.

Diese neue „Richtlinie der Kommission 2004/104/EG vom 14. Oktober 2004 zur Anpassung der Richtlinie 72/245/EWG des Rates über die Funkentstörung (elektromagnetische Verträglichkeit) von Kraftfahrzeugen an den technischen Fortschritt und zur An-

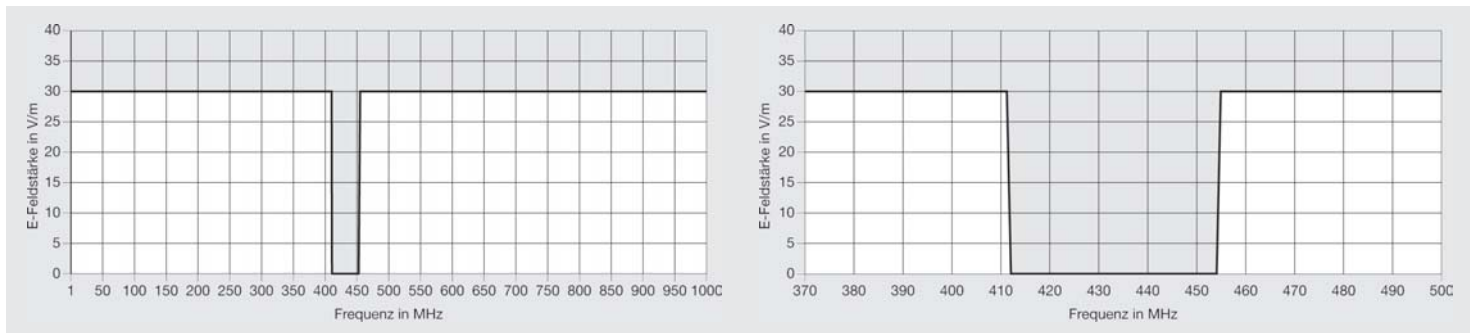


Bild 5: Prüfcharakteristik 30 V/m nach Richtlinie 95/54/EG unter Berücksichtigung eines Schutzbands nach Richtlinie 1999/5/EG (links) und Ausschnitt des relevanten Bereichs (rechts)

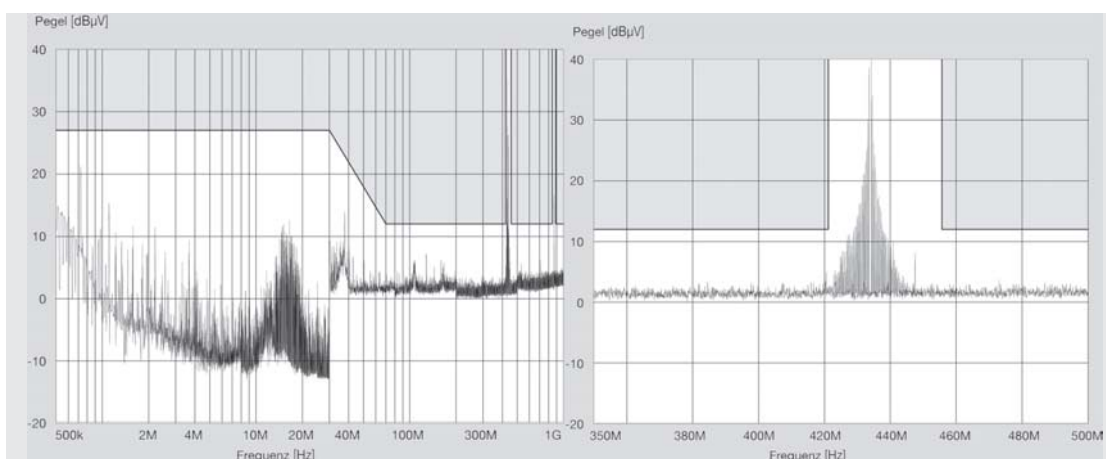


Bild 6: Sender mit Mittenfrequenz 433,92 MHz; der ausgesparte Frequenzbereich für den Sender beträgt nach R&TTE-Richtlinie $433,92 \pm 21,69$ MHz (links); Ausschnitt des relevanten Bereichs (rechts)

derung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Betriebserlaubnis von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern“ trägt dem rasanten Fortschritt der Funk- und Kommunikationstechnik der letzten Jahre Rechnung und ist entsprechend angepasst [3]. Unter anderem werden nun auch die im Automobil eingesetzten Funk-systeme berücksichtigt.

Die dabei festgehaltenen Ausnahmeregelungen spiegeln sehr stark das wider, was die Beru AG bereits vor Erscheinen der neuen Richtlinie gemeinsam mit dem KBA erarbeitet hat. Diese neue EMV-Kfz-Richtlinie ist im Amtsblatt der Europäischen Union unter der Amtsblattnummer L337 [3] zu finden.

Nur noch bis 1. Januar 2006 ist die bisherige Richtlinie 95/54/EG anwendbar. Ab diesem Zeitpunkt dürfen Typgenehmigungsverfahren ausschließlich nach der neuen Richtlinie 2004/104/EG durchgeführt und erteilt werden.

Literaturhinweise

- [1] Richtlinie 72/245/EWG vom 20. Juni 1972 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Funkentstörung von Kraftfahrzeugmotoren mit Fremdzündung
- [2] Richtlinie 95/54/EG der Kommission vom 31. Oktober 1995 zur Anpassung der Richtlinie 72/245/EWG vom 20. Juni 1972 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Funkentstörung von Kraftfahrzeugmotoren mit Fremdzündung an den technischen Fortschritt und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Betriebserlaubnis von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern. Link: <http://europa.eu.int/eurlex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=celex:31995L0054:de:html>
- [3] Richtlinie 2004/104/EG vom 14. Oktober 2004 zur Anpassung der Richtlinie 72/245/EWG des Rates über die Funkentstörung (Elektromagnetische Verträglichkeit) von Kraftfahrzeugen an den technischen Fortschritt und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Betriebserlaubnis von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern. Link: http://www.europa.eu.int/eurlex/lex/LexUriServ/site/de/oj/2004/l_337/l_33720041113de_00130058.pdf
- [4] Directive 1999/5/EC of the European Parliament and of the Council of 9 March 1999 on Radio Equipment and Telecommunications Terminal Equipment and the Mutual Recognition of their Conformity. Link: <http://www.newapproach.org/directives/directive-list.asp>
- [5] Normann, N.: Reifendruck-Kontrollsysteme für alle Fahrzeugklassen. In: ATZ 102 (2000), Nr. 11, S. 157 ff.
- [6] Schneider, S.; Kienzle, T.: Das Reifendruck-Kontrollsystem TSS. In: System Partners, Sonderausgabe ATZ und MTZ, Mai 2003, S. 10 ff.
- [7] Bochmann, H.; Kessler, R.; Schulze, G.: Stand und aktuelle Entwicklungen bei Reifendruck-Kontrollsystemen. In: ATZ 107 (2005), Nr. 2, S. 110 ff.



Bild 7: Bedienstand im Beru-EMV-Zentrum

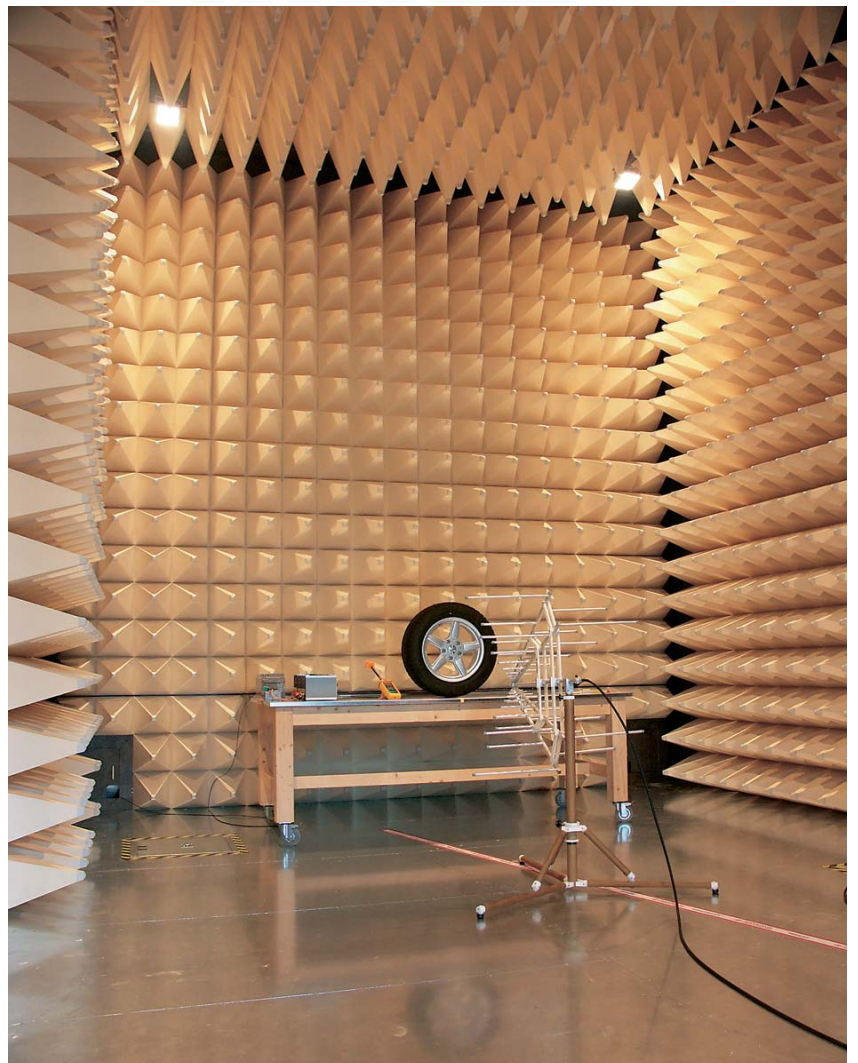


Bild 8: Prüfraum im Beru EMV-Zentrum



BERU Aktiengesellschaft
Mörikestrasse 155
D-71636 Ludwigsburg
Postfach 229
D-71602 Ludwigsburg
Telefon: ++49/7141/132-693
Telefax: ++49/7141/132-220
E-mail: info@beru.de
www.beru.com