

# **EMV-Anforderungen an Einsatzfahrzeuge der Polizei (Sonderfahrzeuge) aus technischer Sicht**

Dipl.-Ing. Horst Beckebanze

Polizeitechnisches Institut der Polizei-Führungsakademie in Münster (Nordrhein-Westfalen)

## **Kurzfassung**

In der Vergangenheit waren für die Polizei Funkstörungen durch die Fahrzeugelektrik ein nicht unerhebliches Problem. Aufwändige und kostenintensive Entstörmaßnahmen sowie Stillstandszeiten der Fahrzeuge waren die Regel. Die gegenseitigen Störbeeinflussungen zwischen Fahrzeugfunkanlage und Kfz-Elektrik bzw. -Elektronik sind Ende der 80er-Jahre zentral erfasst und ausgewertet worden. Aufgrund der daraus gewonnenen Erkenntnisse hat die Polizei zunächst Grundforderungen zur EMV formuliert, aus denen schließlich die heute gültige Technische Richtlinie „EMV“ der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) entstanden ist. Relevante EMV-Anforderungen der Polizei werden dargelegt und begründet.

## **1 Ein kurzer Blick zurück**

Vor einem guten Vierteljahrhundert war für die Automobilindustrie die EMV-Welt noch in Ordnung. Im Kraftfahrzeug wurden kaum elektronische Bauteile verwendet, alles lief rein mechanisch oder elektromechanisch. Die Zündung arbeitete mittels Unterbrecherkontakt, der einem mechanischen Verschleiß unterlag und deshalb regelmäßig ausgetauscht werden musste. Die drehzahl- bzw. lastabhängig notwendige Verschiebung des Zündzeitpunktes geschah mittels mechanischer Unterdruckverstellung.

Das seinerzeit einzige elektronische Gerät an Bord war das Autoradio, das damals allerdings nur selten werkseitig eingebaut wurde, weil es als Luxus galt. Dementsprechend waren die Fahrzeuge auch nicht serienmäßig funkentstört. Vorbeifahrende Fahrzeuge verursachten in den Wohnungen Störungen beim Rundfunk- und Fernsehempfang. Wollte man ein Autoradio betreiben, musste man zu dem Autoradio auch einen Kfz-Entstörersatz kaufen und einbauen lassen.

Erst Anfang der 80er-Jahre begann man, sich intensiver mit den Anforderungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) von Geräten und Systemen im Fahrzeug auseinander zu setzen. In dem Maße, wie elektronische Bauteile und -systeme eingebaut wurden, musste man deren ungestörten Betrieb selbst beim Vorhandensein starker Störfelder sicherstellen (die ersten Fahrzeuge mit elektronischer Motorsteue-

rung blieben in der Nähe von starken Rundfunksendern einfach stehen).

Heute übernehmen Mikro- und Signalprozessoren in den Steuergeräten das komplette Motormanagement einschließlich der Abgasregelung. Zahlreiche Unterstützungssysteme helfen dem Fahrer, das Fahrzeug auch in problematischen Situationen im Griff zu behalten. Ohne die Fahrzeugelektronik läuft heute gar nichts mehr.

## **2 Die Störproblematik bei den Einsatzfahrzeugen der Polizei**

Nahezu seit es Sprechfunkgeräte gibt, baut die Polizei diese auch in ihre Einsatzfahrzeuge ein. Aus dem „Streifenwagen“ und dem „Funk“ wurde der heute noch übliche Begriff „Funkstreifenwagen“. Von der Fahrzeugelektrik verursachte Funkempfangsstörungen machten kostenintensive Entstörmaßnahmen erforderlich. Damit verbundene Werkstattaufenthalte und Stillstandszeiten der Fahrzeuge waren üblich.

Grundsätzlich müssen die elektromagnetischen Abstrahlungen wie folgt differenziert werden:

- Bei den elektromagnetischen Abstrahlungen der Kfz-Elektrik und -Elektronik handelt es sich in der Regel um ungewollte Abstrahlprodukte, die entweder durch Funkstrecken (geschaltete Induktivitäten, Zündung, Relais, Elektromotoren) entstehen oder durch Takt- und Arbeitsfrequenzen

von Systemen mit HF-Oszillatoren oder Mikroprozessoren verursacht werden. Diese Abstrahlprodukte tragen nicht zur Funktion des Systems bei. Sie sind Nebenerscheinungen.

- Bei der elektromagnetischen Abstrahlung einer Funkanlage handelt es sich um eine gewollte definierte Aussendung auf festgelegten Frequenzen, ohne die eine Übertragung der Nutzinformation an eine andere Funkstelle nicht möglich wäre (Funktion). Gleichwohl ist diese Aussendung für die Fahrzeugelektronik gleichbedeutend mit einer starken Störstrahlung.

Mit dem Ziel der Kosteneinsparung sind Ende der 80er-Jahre erstmals die gegenseitigen Störbeeinflussungen zwischen Fahrzeugfunkanlage und Kfz-Elektrik bzw. -Elektronik in Dienstkraftfahrzeugen der Polizei bundesweit abgefragt und ausgewertet worden. Nur um ein Gefühl für die mögliche Beeinflussungsbreite zu vermitteln, sollen die damals festgestellten wesentlichen Störbeeinflussungen kurz genannt werden.

Die häufigsten durch die Sendertastung eines Fahrzeugfunkgeräts verursachten Störungen an Fahrzeugkomponenten sind heute kaum vorstellbar:

- Beeinflussung der Motorelektronik (Stottern, Aussetzer)
- Beeinflussung der Instrumente (Tacho, Drehzahlmesser) und der Kontrollleuchten
- Veränderung der Taktfrequenz des Blinkgebers (Flimmern)
- Anlaufen des Scheibenwischers
- Störung des Bordcomputers
- Störung von Zusatzausstattungen wie Zentralverriegelung, Sondersignalanlage

Die häufigsten durch Fahrzeugkomponenten verursachten Funkempfangsstörungen waren:

- Störungen durch die Zündanlage (Knattern)
- Störungen durch die Einspritzanlage und Motorelektronik (Prasseln)
- Drehzahlabhängige Störungen durch die Lichtmaschine (Heulen, Pfeifen)
- Störungen durch das Blinkrelais (Knacken)
- Störungen durch Bordcomputer
- Störungen durch Scheibenwischer, Lüfter, Zeithuhr, Blaulichtmotor

Die Ergebnisse der Störungserfassung sind der Automobilindustrie damals firmenbezogen mitgeteilt worden. Gleichzeitig wurde angeregt, Überlegungen anzustellen, auf welche Weise die EMV der Fahrzeuge verbessert werden kann. Falls die gewünschte Verbesserung aus Kostengründen nicht in der Fahrzeugserie realisierbar wäre, sollte überlegt werden, ob nicht ein spezielles „EMV-Paket“ entwickelt und angeboten

werden könnte, mit dem man die Einsatzfahrzeuge der Polizei werkseitig vorrüstet.

Den Fahrzeugherstellern war die dargelegte Problematik vom Grundsatz her bekannt. Man hatte in den neueren Fahrzeugserien auch schon erhebliche Verbesserungen hinsichtlich der elektromagnetischen Verträglichkeit erreicht. Da es in den 80er-Jahren aber kaum nationale oder internationale Festlegungen gab, mussten die Hersteller eigene Werknormen zur EMV entwickeln und anwenden. Dennoch sprachen manche von „Überempfindlichkeiten“ der Funkgeräte gegenüber Fahrzeugstörungen und stellten die technische Machbarkeit der erforderlichen Entstörung in Frage.

### 3 Grundforderungen der Polizei

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse hat die Polizei zunächst die folgenden Grundforderungen aufgestellt:

- Reduzierung der ungewollten elektromagnetischen Abstrahlungen durch die Kfz-Elektrik und -Elektronik, damit am Empfängereingang eines Funkgeräts keine höheren schmalbandigen Störspannungen als  $-10 \text{ dB}\mu\text{V}$  verursacht werden
- Erhöhung der Einstrahlungsfestigkeit der Bordelektronik für Feldstärken von mindestens  $50 \text{ V/m}$  (bei sicherheitsrelevanten Systemen anzustreben bis zu  $100 \text{ V/m}$ )
- Vorgabe der Montagestellen für die Funkantenne, damit ein möglichst großer Abstand zwischen Störquelle und Störsecke erreicht wird
- Vorgabe für die Verlegung des Verbindungskabels der Funkanlage zwischen Fahrgastraum und Kofferraum bei größtmöglichem Abstand zu Kabelbäumen im Fahrzeug oder kritischen Komponenten

Diese Grundforderungen – die erstgenannten Forderungen lagen über der seinerzeitigen Zielsetzung der Industrie – sind im April 1991 mit dem Arbeitskreis „Eigen-Entstörung“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE diskutiert worden. Dabei wurde vorgeschlagen, dass die Polizei ihre Forderungen in einem Lastenheft festlegt, damit die Fahrzeughersteller auf dieser Grundlage die Kosten für ein so genanntes „EMV-Paket“ kalkulieren können.

In der Folge ist so die Technische Richtlinie (TR) „Elektromagnetische Verträglichkeit“ entstanden, die im Lande Nordrhein-Westfalen an den Zentralen Polizeitechnischen Diensten (ZPD) in Düsseldorf erarbeitet wurde. An dieser Dienststelle hat man das entsprechende messtechnische Equipment, welches zur Verifizierung von Messverfahren und Bestimmung von Grenzwerten benötigt wurde.

## 4 Wie begründet die Polizei ihre Anforderungen?

Die Polizei setzt für ihre Funkkommunikation zur Zeit noch analoge Fahrzeugfunkgeräte im Frequenzbereich von ca. 74 – 87 MHz ein. Diese Fahrzeugfunkgeräte arbeiten mit einer Sendeleistung von 10 Watt, die über eine Monopolantenne abgestrahlt wird. In einem Meter Abstand zur Antenne ergeben sich rechnerisch Feldstärken von bis zu 45 V/m und in zwei Metern Abstand noch etwa bis zu 22 V/m.

Wie messtechnische Umweltverträglichkeitsuntersuchungen des Instituts für Mobil- und Satellitenfunktechnik in Kamp-Lintfort im Auftrag der Polizei-Führungsakademie jedoch gezeigt haben, treten z.B. bei einer Antennenposition auf dem Fahrzeugdach im Bereich der Front- und Heckscheibe sogar elektrische Feldstärken von über 60 V/m auf.

Die Forderung hinsichtlich der zulässigen Störemissionen der Fahrzeugelektrik und -elektronik ergibt sich aus der Empfängerempfindlichkeit der verwendeten Fahrzeugfunkgeräte. Bereits bei typisch  $0,5 \mu\text{V}$  HF-Eingangsspannung wird ein NF-Nutzsignal mit einem Rauschabstand von 20 dB S/(S+N) empfangen. Die Rauschsperrung öffnet den Empfangsweg aber bereits bei einem Rauschabstand des NF-Signals von ca. 15 dB S/(S+N), der bei einer HF-Eingangsspannung von etwa  $0,28 \mu\text{V}$  oder  $-11,0 \text{ dB}\mu\text{V}$  erreicht wird.

Ein am Empfängereingang des Funkgeräts anliegendes Störsignal darf auf keinen Fall in der Lage sein, die Rauschsperrung des NF-Weges zu öffnen. Doch auch ein schwaches Nutzsignal, welches gerade die Rauschsperrung öffnet, sollte durch ein Störsignal möglichst nicht gestört werden.

Zum Verständnis sei angemerkt, dass der Polizeifunk nicht mit einem ständig strahlenden Rundfunksender vergleichbar ist, d.h. zwischen den einzelnen Sprachübertragungen steht kein Träger in der Luft, der im Funkempfänger schwächere Störsignale wegdrücken könnte.

## 5 Wesentliche Festlegungen der Technischen Richtlinie EMV

Nachfolgend soll nur auf die wichtigsten Festlegungen der Technischen Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit von und in Kraftfahrzeugen eingegangen werden.

## 5.1 Störemissionen von Fahrzeugbaugruppen und -komponenten

Elektromagnetische Störemissionen von Fahrzeugbaugruppen und -komponenten werden danach bewertet, welche Störspannungen sie im Frequenzbereich der BOS an einem Funkempfänger mit 50 Ohm Impedanz, der über eine nach den Angaben des Fahrzeugherstellers vorschriftsmäßig angebrachte Funkantenne betrieben wird, verursachen. Dabei gilt der Grundsatz, dass durch eine günstige räumliche Entkopplung der Antenne bereits eine erhebliche Dämpfung gegenüber der tatsächlichen Störaussendung erreicht werden kann. Die ausgesendete Störenergie ist also nicht gleichzusetzen mit der empfangenen Störenergie.

Die TR „EMV“ unterscheidet für diese Störspannungen drei Grenzwertklassen, zwischen denen der Bedarfsträger je nach Funkanforderung wählen kann. Am Empfänger dürfen dann keine vom Kraftfahrzeug verursachten Störspannungen entstehen, die über dem Grenzwert der jeweiligen Klasse liegen.

### 5.1.1 Grenzwertklasse 1

Sie stellt die schärfsten Forderungen und ist dann anzuwenden, wenn eine bestmögliche Störfreiheit unter Ausnutzung der gegebenen Empfängerempfindlichkeit auch in Versorgungsrandgebieten unverzichtbar ist. Verursachte Störspannungen mit schmalbandigem Frequenzspektrum werden mittels Mittelwertmessung bewertet. Der Grenzwert hierfür liegt bei maximal  $-10 \text{ dB}\mu\text{V}$ . Störspannungen mit breitbandigem Frequenzspektrum werden mittels Quasipeak (Grenzwert  $+10 \text{ dB}\mu\text{V}$ ) oder mittels Spitzenwertmessung (Grenzwert  $+23 \text{ dB}\mu\text{V}$ ) bewertet.

### 5.1.2 Grenzwertklasse 2

Sie stellt für alle Störspannungen (schmalbandig und breitbandig) um 10 dB schwächere Forderungen als die Grenzwertklasse 1 und ist dann anzuwenden, wenn eine Reduzierung der Empfängerempfindlichkeit akzeptiert werden kann. In Versorgungsrandgebieten kann allerdings der Funkempfang eingeschränkt sein. Eventuell kann die Rauschsperrung öffnen.

### 5.1.3 Grenzwertklasse 3:

Sie stellt für alle Störspannungen um 20 dB schwächere Forderungen als die Grenzwertklasse 1. Mit diesen Grenzwerten ist ein störungsfreier Funkempfang nicht mehr sicherzustellen. Die Grenzwertklasse 3 kann nur für solche Frequenzbereiche akzeptiert werden, die nicht für den Funkempfang vorgesehen sind.

### 5.1.4 Für welche Störsignale gelten die Grenzwerte?

Grundsätzlich gelten die genannten Grenzwerte für alle Dauerstörsignale, die im Fahrbetrieb oder bei laufendem Motor sowie in ergänzenden Betriebszuständen wie z.B. bei laufendem Scheibenwischer, Lüftung, Klimaanlage, Zusatzgeräten zur Kommunikation oder Navigation, etc. entstehen können.

Für Kurzzeitstörsignale, die im normalen Kraftfahrzeugbetrieb nicht selbständig auftreten, sondern die die erkennbare Folge eines manuellen Bedienvorgangs sind, werden diese Grenzwerte nicht gefordert, wie z.B. beim Einsatz elektrischer Motoren zur Sitz-, Lenksäulen- und Spiegeleinstellung, Fensterheber- oder Schiebedachbedienung.

Die Grenzwerte werden auch nicht gefordert für selbständig auftretende Kurzzeitstörsignale, die nur in extremen Fahrsituationen durch das Regelverhalten bestimmter Systeme entstehen, wie z.B. ABS oder ESP.

## 5.2 Leitungsgeführte Störgrößen auf Versorgungsleitungen im Kfz

Leitungsgeführte Störgrößen auf Versorgungsleitungen im Fahrzeug werden danach bewertet, welche Impulse am Stromversorgungseingang des Funkgeräts gemessen werden können. Neben der Welligkeit der Versorgungsspannung werden etwa 6 Impulsformen nach ihrer Amplitude, Anstiegszeit und Dauer gemäß DIN 40 839 unterschieden.

Störgrößen dürfen abhängig von ihrer Impulsform bestimmte Werte nicht überschreiten. Einzelheiten regelt die Technische Richtlinie „EMV“.

## 5.3 Einstrahlungsfestigkeit der Fahrzeugbaugruppen und -komponenten

Die Funktion von Fahrzeugbaugruppen und -komponenten darf durch das Auftreten elektromagnetischer Felder – speziell in den Frequenzbereichen der BOS – mit Feldstärken bis zu 50 V/m auf keinen Fall schädlich beeinträchtigt werden. Bei sicherheitsrelevanten Baugruppen und Systemen sollte eine Störfestigkeit bis zu Feldstärken von 100 V/m angestrebt werden. Diese Feldstärken können unter Umständen in unmittelbarer Antennennähe oder in der Nähe starker Rundfunksender auftreten. Zu bedenken ist, dass diese Feldstärken auch auf Leitungen einwirken und Störgrößen somit über die Leitungsanschlüsse zu den Baugruppen gelangen können.

## 6 Heutige Situation und Ausblick

Nach den Erkenntnissen der Polizei hat sich die TR „EMV“ grundsätzlich bewährt. Mit ihr steht den Ländern heute ein geeignetes Instrument zur Verfügung, mit dem die eigenen Anforderungen gegenüber den Fahrzeugherstellern erklärt werden können. Die Richtlinie lässt bewusst die Möglichkeit offen, die Auswahl der Frequenzfenster und der Grenzwertklassen entsprechend den tatsächlichen Bedürfnissen vorzunehmen und dabei zwischen taktisch Notwendigem, technisch Möglichem und wirtschaftlich Vertretbarem sorgfältig abzuwägen.

Auch wenn zur EMV inzwischen zahlreiche nationale und internationale Richtlinien, Normen und Regelwerke zu beachten sind, empfiehlt es sich, zusätzlich die Festlegungen der TR zu berücksichtigen. Somit befindet man sich auch gegenüber nichtpolizeilichen Kunden auf der sicheren Seite.

In Zukunft wird bezüglich der EMV auch Augenmerk auf einen neuen Frequenzbereich für die Funkkommunikation der Polizei gerichtet werden müssen. Es ist beabsichtigt, im Frequenzbereich 380 – 400 MHz mittel- bis langfristig für alle BOS ein neues Funksystem auf digitaler Basis einzuführen. In Aachen läuft derzeit ein Pilotversuch mit Funkgeräten des TETRA-Standards. Hinsichtlich der EMV zwischen diesen Geräten und den Kraftfahrzeugen müssen aber erst noch Untersuchungen durchgeführt werden. Informationen zum Digitalfunk der BOS können Sie abrufen unter: [www.pilotprojekt-digitalfunk-aachen.de](http://www.pilotprojekt-digitalfunk-aachen.de)

Bitte berücksichtigen Sie bei allen Neu- und auch Weiterentwicklungen so früh wie möglich die Belange der elektromagnetischen Verträglichkeit – nicht nur im Interesse der Polizei, sondern auch zum eigenen Vorteil. Nachträgliche Anpassungen an die elektromagnetische Einsatzumgebung erfordern immer einen sehr viel höheren Aufwand.

## 7 Literatur

**Technische Richtlinie „Elektromagnetische Verträglichkeit“** der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS), Stand: 10/1999

**Herausgeber:** Unterausschuss Führungs- und Einsatzmittel des Arbeitskreises II „Innere Sicherheit“ der Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Länder

**Redaktion:** Zentrale Polizeitechnische Dienste des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf