

Meßtechnische Beurteilung von Störaussendungen im Rahmen des EMVG EMV Teil 8

Messung und Beurteilung von Störaussendungen stellen einen wichtigen Teilbereich der EMV dar. In bezug auf die derzeit gültigen Normen beleuchten wir die erforderliche Meßtechnik und die verschiedenen Meßverfahren.

Allgemeines

Der Gesamtbereich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) läßt sich nach verschiedenen Kriterien unterteilen. Dabei stellt die Aufteilung in die beiden Hauptgruppen zur Prüfung der Störfestigkeit und der Messung der Störaussendungen einen wesentlichen Schwerpunkt dar.

Zum einen muß ein Produkt den Anforderungen bezüglich der Störfestigkeit genügen. Man verwendet hierfür auch oft die aus dem englischen kommende Abkürzung EMS für Elektro-Magnetische Suszeptibilität. Gemeint ist hiermit die Fähigkeit der elektrischen Einrichtung, in einer mehr oder weniger elektromagnetisch gestörten Umgebung zufriedenstellend zu arbeiten. Diese EMV-Forderung an ein Pro-

dukt ist relativ neu und war teilweise in den bisherigen nationalen Normen einiger EG-Mitgliedsländer nicht gefordert.

Der zweite Teilbereich der EMV, mit dem wir uns im weiteren Verlauf dieses Artikels näher beschäftigen wollen, befaßt sich mit den von einem Produkt ausgehenden elektromagnetischen Störungen. Für diesen Bereich der EMV steht die Kurzbezeichnung EMI für Elektro-Magnetische Interferenz.

Bereits in den 20er Jahren mit der Aufnahme des Rundfunkdienstes erkannte man diese Problematik und bezeichnete diese Art von Beeinträchtigungen als Funkstörung - eine Bezeichnung, die sich bis in die Gegenwart gehalten hat.

Wenn wir heute von EMI sprechen, so sind damit nicht nur diese sogenannten Funkstörungen, d. h. Störungen, die durch

HF-Strahlung vom Produkt ausgehen, gemeint, sondern auch Störungen, die über eventuell vorhandene Anschlußleitungen (Netz- und auch Datenleitungen) abgeben werden. Aufgrund der völlig unterschiedlichen Ausbreitungsarten dieser beiden Störphänomene versteht es sich von selbst, daß auch die Meßverfahren zur Erfassung dieser Störgrößen unterschiedlich sind und sich auch die Normen diesbezüglich unterscheiden und für jeden Bereich spezielle Grenzwerte vorgeben.

Normung

In Tabelle 1 sind die derzeit gültigen, d. h. harmonisierten europäischen Normen (EN) für den Bereich der Störaussendungen zusammengefaßt. Diese europäischen EMV-Geräteprüfnormen sind grundsätz-

Tabelle 1:

Bezugsnr.	Titel der harmonisierten Norm
EN 50081-1	Elektromagnetische Verträglichkeit - Fachgrundnorm Störfestigkeit Teil 1: Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe
EN 55011	Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von industriellen, wissenschaftlichen und medizinischen Hochfrequenzgeräten (ISM-Geräte)
EN 55013	Grenzwerte und Meßmethoden für die Funkstöreigenschaften von Rundfunkempfängern und angeschlossenen Geräten
EN 55014	Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von Elektro-Haushaltsgeräten, handgeführten Elektrowerkzeugen und ähnlichen Elektrogeräten
EN 55015	Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von Leuchtstofflampen und Leuchtstofflampenleuchten
EN 55022	Grenzwerte und Meßverfahren für Funkstörungen von informationstechnischen Einrichtungen

lich in 3 Kategorien gegliedert (gilt auch für die Normen der Störfestigkeit):

1. Die sogenannten **Fachgrundnormen** (generic standards) legen die Anforderungen bezüglich der EMV unter Berücksichtigung der Betriebsumgebung des Gerätes fest. So legt z. B. die Fachgrundnorm EN 50081-1 die Grenzwerte der Störaussendungen für den Einsatz eines elektronischen Gerätes im Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie in Kleinbetrieben fest.

2. In den **Produktnormen** (product standards) sind die Grenzwerte und besondere, weitergehende Anforderungen für bestimmte Produktfamilien festgelegt. Ein typisches Beispiel für eine Produktnorm ist die EN55013. Sie legt Grenzwerte und Meßmethoden für die Funkstöreigenschaften von Rundfunkempfängern und angeschlossenen Geräten fest.

3. In den **Grundnormen** (basic standards) sind die speziellen phänomenbezogenen Meß- und Prüfverfahren zum Nachweis der in den Produkt- bzw. Fachgrundnormen festgelegten EMV-Grenzwerte enthalten.

Bei der Prüfung eines Produktes auf Normenkonformität sollen vorrangig die Produktnormen zur Anwendung kommen. Immer dann, wenn entsprechende Produktnormen fehlen oder die Zuordnung eines Produktes nicht eindeutig möglich ist, sind die entsprechenden Fachgrundnormen anzuwenden.

Nach dieser kurzen Übersicht über die geltenden Normen wollen wir nachfolgend näher auf die erforderliche Meßtechnik und die verschiedenen Meßverfahren eingehen.

Meßtechnik

Wie aus den Vorbetrachtungen zu den Normen bereits ersichtlich ist, gibt es insbesondere bei den Produktnormen sehr

viele spezielle, auf die einzelnen Produktgruppen abgestimmte Meßverfahren und auch entsprechende Grenzwerte. Eine vollständige Aufstellung dieser verschiedenen Meßverfahren und Anforderungen würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Im weiteren Verlauf wollen wir daher insbesondere die Meßverfahren und Grenzwerte

te der Fachgrundnorm EN50081-1 näher beschreiben, da diese Meßverfahren in den meisten Produktnormen in ähnlicher Form vorgegeben werden und diese Norm, wie bereits dargelegt, immer dann anzuwenden ist, wenn keine entsprechende gültige Produktnorm existiert.

Die EN50081-1 legt Grenzwerte für die Störaussendungen im Bereich von 150kHz bis hinauf zu 1000 MHz fest. Zusätzlich sind im Frequenzbereich von 0 bis 2 kHz bei bestimmten elektrischen Einrichtungen Rückwirkungen im Stromversorgungsnetz zu bewerten, die einer separaten Betrachtung bedürfen.

Für die Störaussendungen geht man davon aus, daß Störsignale im Frequenzbereich bis 30 MHz hauptsächlich leitungsgebunden über die Netzleitung abgegeben werden, während der Bereich von 30 MHz bis 1000 MHz ausschließlich über die Messung der Funkstörfeldstärke zu bewerten ist. Wichtig für die Messung von Störaussendungen ist die Reproduzierbarkeit der Meßwerte. Deshalb sind in den Grundnormen die Meß- und Prüfbedingungen sowie die Meßgeräte genau festgelegt.

So würde z. B. eine einfache Auskopp-

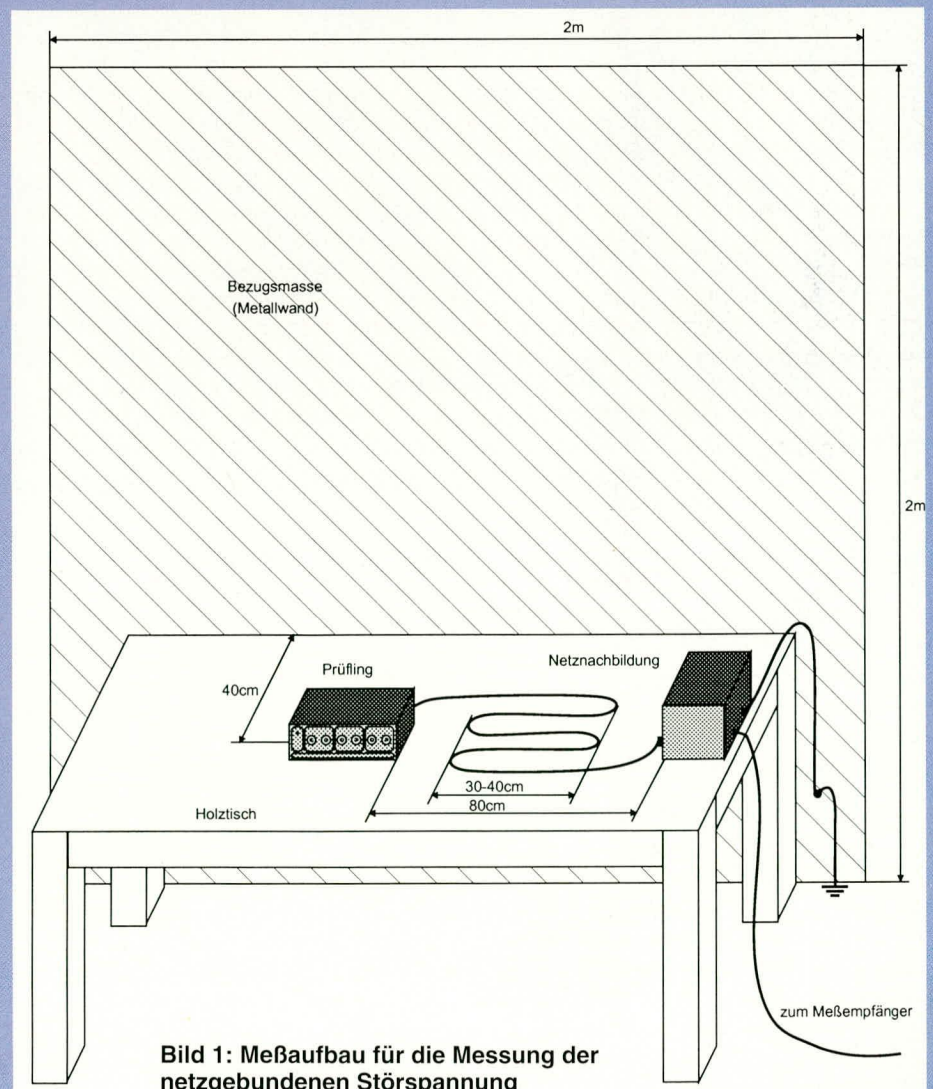


Bild 1: Meßaufbau für die Messung der netzgebundenen Störspannung

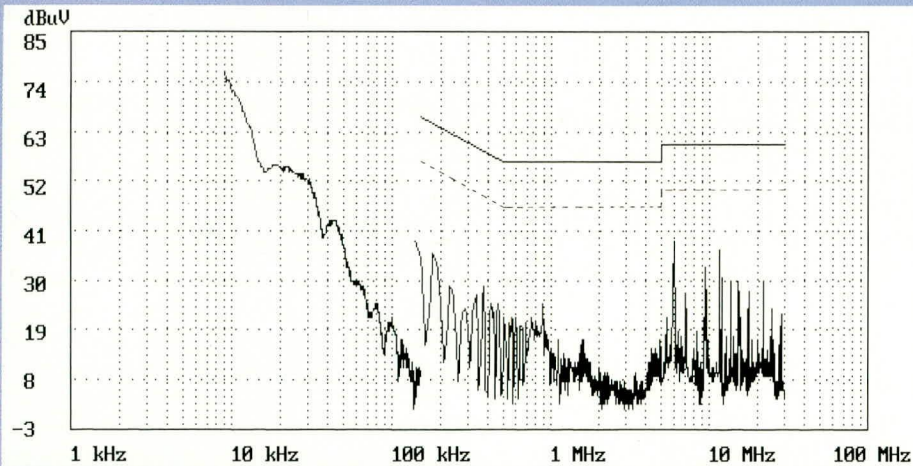


Bild 2: Meßergebnis einer Störspannungsmessung mit dem Quasi-Spitzenwert-Detektor

lung der leitungsgeführten Störgrößen an ein reales Wechselspannungsnetz keine reproduzierbaren Meßwerte ergeben. Reale Netze eignen sich für die Störspannungsmessung nicht, da sie in ihrer Impedanz starken Streuungen unterliegen, so daß sich von Meßort zu Meßort völlig unterschiedliche Meßergebnisse ergeben könnten. Die Normen schreiben hier den Einsatz einer sogenannten Netznachbildung vor.

Die Hauptaufgabe einer Netznachbildung besteht darin, die Störspannungsquelle des Prüflings mit einer definierten Impedanz gegen die Bezugsmasse abzuschließen und die Störspannung definiert auszukoppeln. Zum Einsatz kommt hier die sogenannte Zweileiter-V-Netznachbildung zur Messung von unsymmetrischen Störspannungen mit einer Nennimpedanz von $50 // 50\mu\text{H}$.

Selbst die Verwendung einer Netznachbildung garantiert noch keine reproduzierbaren Meßwerte. Daher ist in den Normen auch der Meßaufbau genau festgelegt. Abbildung 1 zeigt den Meßaufbau, wie er für die Fachgrundnorm EM50081-1 zu verwenden ist. Die eigentliche Messung der Störsignale erfolgt über einen Meßempfänger bzw. einen Spektrum-Analysator, welcher der CISPR-Publikation 16 genügen muß. Unter anderem muß das Meßgerät für die korrekte Bewertung von kurzzeitigen Störimpulsen mit einem Quasi-Spitzenwert-Detektor ausgestattet sein sowie

über die ZF-Bandbreiten von 200 Hz, 9 kHz und 120 kHz verfügen.

Der in der Regel sehr empfindliche Meßeingang vom Spektrum-Analysator oder Meßempfänger sollte über einen geeigneten Impulsbegrenzer vor hohen Spannungsspitzen geschützt sein. Oft ist dieser Impulsbegrenzer schon im Meßgerät oder in der Netznachbildung integriert.

In der EN 50081-1 ist der Frequenzbereich für die netzgebundene Störspannung von 150 kHz bis 30 MHz wiederum in 3 Teilbereiche aufgeteilt, für die nun jeweils 2 Grenzwerte angegeben sind. Es wird hierbei unterschieden zwischen den Grenzwerten für die Messung mit dem Quasi-Spitzenwert-Detektor und den Grenzwerten für die Mittelwert-Messung. Die Störspannungen am Außenleiter (L 1) und am Neutralleiter (N) sind getrennt zu messen, und es müssen beide Grenzwerte eingehalten werden.

Abbildung 2 zeigt das Ergebnis einer Störspannungsmessung mit dem Quasi-Spitzenwert-Detektor nach EN 50081-1. Zusätzlich zu diesem Grenzwert ist hier der um exakt 10 dB μV niedrigere

Grenzwert für die Mittelwert-Messung eingetragen.

Oberhalb von 30 MHz bis hinauf zu 1000 MHz wird in der Norm die Erfassung und Bewertung der Störaussendungen durch entsprechende Feldstärkemessungen verlangt. Wie bei den leitungsgebundenen Störgrößen ist auch hier die Reproduzierbarkeit der Meßwerte von großer Wichtigkeit. Meßaufbau und Meßverfahren sind genau festgelegt.

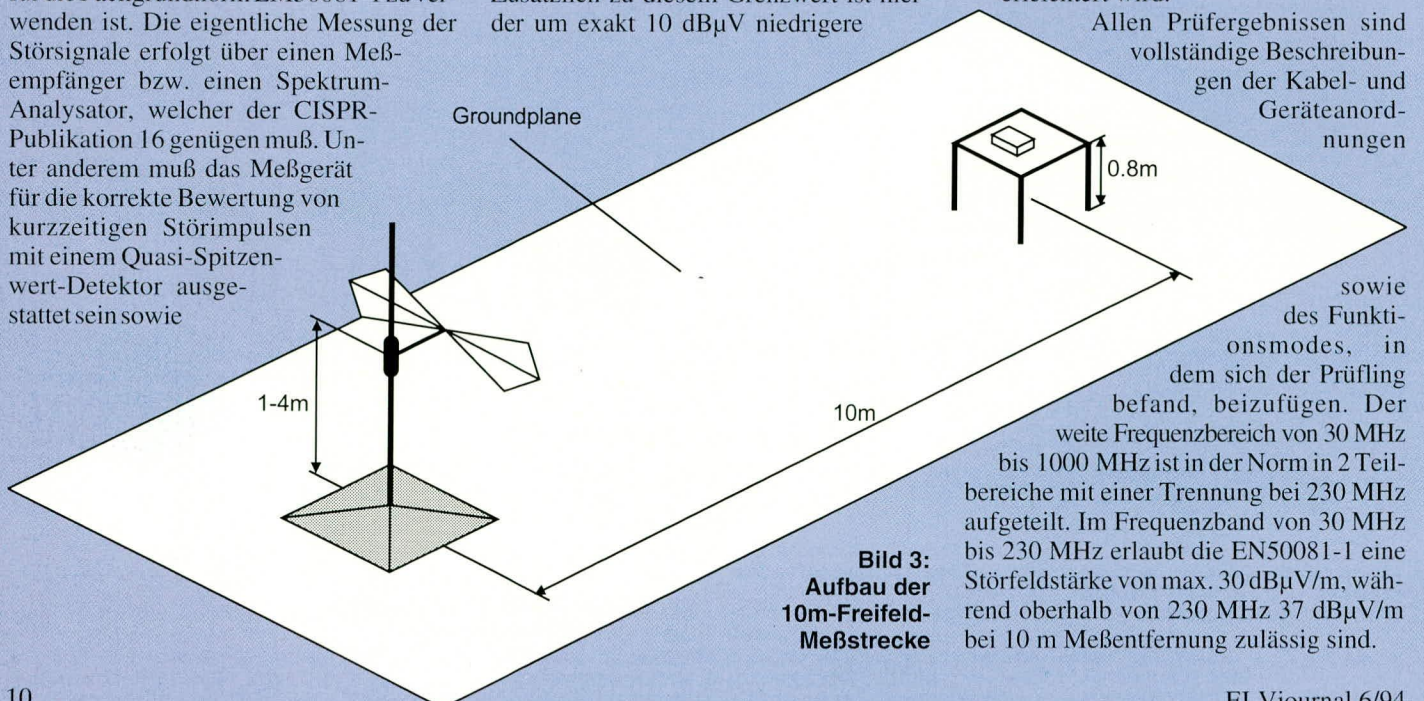
Abbildung 3 zeigt den Meßaufbau für die in der Norm geforderte 10m-Freifeldmessung. Besonders wichtig für die Reproduzierbarkeit ist die metallene Bezugsmasse, auch Grundplane genannt, durch die weitgehend witterungsunabhängige Meßwerte erreicht werden. Weiterhin muß der Raum zwischen Antenne und Prüfling sowie die unmittelbare Umgebung frei von reflektierenden Gegenständen sein.

Durch die erforderliche leitende Grundplane kommt es neben der direkten Ausbreitung der Störstrahlung zwischen Prüfling und Antenne zu einer Reflexion an der Grundplane, wodurch es am Empfangsort zu einer Überlagerung beider Signale kommt. Durch Höhenvariation der Empfangsantenne im Bereich von 1 m bis 4 m ist deshalb jeweils der maximale Störpegel zu bestimmen.

Weiterhin ist die Konfiguration des Prüflings so zu wählen, daß es zu einer maximalen Störaussendung kommt. Das heißt, an den verfügbaren Schnittstellen sind entsprechende Verbindungskabel anzuschließen, wobei die Kabelanordnung wiederum so zu wählen ist, daß es zu der größten Abstrahlung kommt.

Die Hauptabstrahlrichtung des Prüflings ist durch Drehen desselben zu bestimmen, was durch den Einsatz eines Drehtisches erleichtert wird.

Allen Prüfergebnissen sind vollständige Beschreibungen der Kabel- und Geräteanordnungen



sowie des Funktionsmodes, in dem sich der Prüfling befand, beizufügen. Der weite Frequenzbereich von 30 MHz bis 1000 MHz ist in der Norm in 2 Teilbereiche mit einer Trennung bei 230 MHz aufgeteilt. Im Frequenzband von 30 MHz bis 230 MHz erlaubt die EN50081-1 eine Störfeldstärke von max. 30 dB $\mu\text{V}/\text{m}$, während oberhalb von 230 MHz 37 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ bei 10 m Meßentfernung zulässig sind.

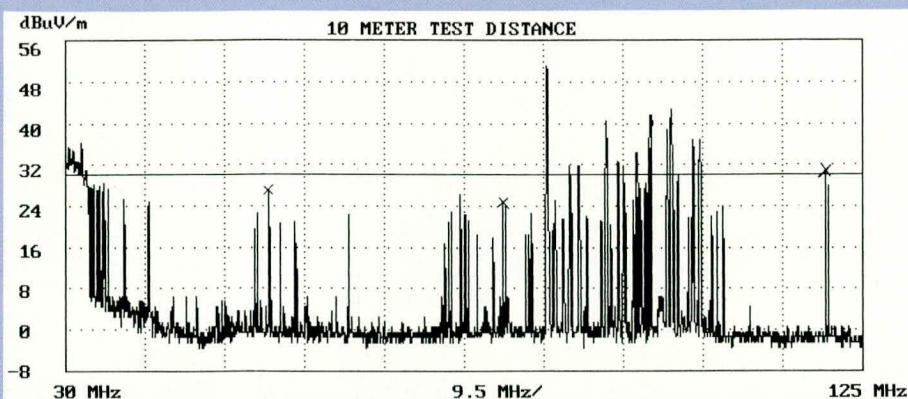


Bild 4: Meßergebnis einer Freifeldmessung mit eingetragem 30dB μ V/m-Grenzwert

Die Messung der Störfeldstärke soll mit symmetrischen Dipol-Antennen erfolgen. Üblicherweise sind hierfür 2 Antennen erforderlich. Für den unteren Frequenzbereich bis ca. 300 MHz wird in der Regel die sogenannte bikonische Antenne verwendet, während ab 300 MHz eine logarithmisch-periodische Antenne zum Einsatz kommt. Es sind jeweils 2 Messungen für horizontale und vertikale Polarisation der Meßantenne durchzuführen.

Es wird deutlich, daß der Aufwand für eine Freifeldmessung alleine schon durch die Meßvorschriften recht hoch ist. Zusätzlich werden die Messungen durch die zahlreich vorhandenen „natürlichen“ Störer wie z. B. Rundfunk- und Fernsehsender sowie zahlreiche andere Funkdienste erschwert, insbesondere auch durch die Tatsache, daß dieses „natürliche Spektrum“ nicht konstant ist.

Aufgrund der Umgebungsstörungen ist eine Automatisierung des Meßablaufes kaum möglich. Daher erfolgen entsprechende Messungen üblicherweise manuell.

Abbildung 4 zeigt das Meßergebnis einer Freifeldmessung im Frequenzbereich von 30 bis 125 MHz. Die 3 vom Prüfling stammenden relevanten Störpegel sind darin gekennzeichnet. Bei allen anderen Signalen handelt es sich um „natürliche Störer“.

Es wird deutlich, mit welcher Problematik der Störmeßtechniker es hier zu tun hat. Sind die Frequenzen der Störsignale schon vorher bekannt, so läßt sich der Zeitaufwand für eine Messung erheblich reduzieren. Steht z. B. ein einfacher HF-dichter Raum zur Verfügung, so kann durch eine Vormessung bestimmt werden, bei welchen Frequenzen der Prüfling stört. Im Freifeld werden dann nur noch die genauen Störpegel ermittelt. Ist die Schaltung des Prüflings und deren Funktionsweise bekannt, so können oft schon ohne Vormessung die zu erwartenden Störfrequenzen bestimmt werden.

Die EMV eines Produktes sollte schon während der Entwicklung berücksichtigt

werden, denn es ist erfahrungsgemäß vergleichsweise schwierig, vorhandene Produkte den EMV-Anforderungen anzupassen. Deshalb ist es wichtig, neben den normenkonformen Meßmöglichkeiten auch über wenig zeitaufwendige und einfache entwicklungsbegleitende Meßmöglichkeiten zu verfügen. Die normgerechte Messung der leitungsgeführten Störgrößen ist relativ schnell durchzuführen, insbesondere dann, wenn der Meßvorgang automatisch abläuft, was hierbei durchaus möglich ist. Aus diesem Grunde ist die normenkonforme Meßmethode auch für die entwicklungsbegleitende Untersuchung geeignet.

Im Bereich der Funkstörungen ist der Zeitaufwand für Messungen im Freifeld relativ hoch. Werden die sicherlich immer vorhandenen Rüstzeiten mit berücksichtigt, so wird deutlich, daß dieses Meßverfahren für eine schnelle entwicklungsbegleitende Untersuchung ausscheidet.

Abhilfe schaffen hier die Nahfeldsonden. In Verbindung mit einem Spektrum-Analysator können direkte Messungen am Prüfling vorgenommen werden, um so eventuell Schwachstellen in der Schaltung, am Layout oder am Gehäuse aufzuspüren. Eine Messung mit den Nahfeldsonden läßt jedoch keine präzise Aussage über den Störpegel zu, da die Ausbreitungseigenschaften der verschiedenen Störfrequenzen nur schwer zu beurteilen sind.

Der erfahrene Störmeßtechniker ist jedoch sicherlich in der Lage, insbesondere wenn durch eine vorangegangene Freifeldmessung die kritischen Störsignale bestimmt wurden, anhand von Messungen mit Nahfeldsonden die Wirksamkeit von Entstörmaßnahmen zu beurteilen.

Nahfeldsonden werden in verschiedenen Ausführungen angeboten. Es sind sowohl Magnetfeld-Sonden als auch E-Feld-Sonden erhältlich.

Abschließend wollen wir noch kurz auf das eigentliche Störmeßgerät eingehen. Prinzipiell gibt es hier, wie vorstehend schon angedeutet, 2 unterschiedliche Meßgeräte. Messungen können mit einem Spek-

trum-Analysator oder mit einem Meßempfänger durchgeführt werden. Beide Geräte weisen jedoch große Unterschiede im Aufbau und daher auch in ihren Eigenschaften auf.

Ein Spektrum-Analysator ist darauf optimiert, einen wählbaren breiten Frequenzbereich gleichzeitig anzuzeigen, d. h. er zeigt dem Meßtechniker auf einen Blick alle vorhandenen Frequenzanteile an. Durch diese Eigenschaft ist ein Spektrum-Analysator optimal für entwicklungsbegleitende Messungen mit Nahfeldsonden geeignet.

Prinzipbedingt befinden sich bei einem Spektrum-Analysator zwischen der Eingangsbuchse und der ersten Mischstufe keinerlei frequenzselektive Komponenten, d.h. das gesamte am Meßeingang anstehende Frequenzspektrum liegt vom Pegel her gleichbewertet an der ersten Mischstufe des Gerätes an. Hierdurch kann es leicht zu einer Übersteuerung der Eingangs- und Mischstufe durch zu große Signalpegel kommen, auch durch Signale, die nicht auf dem Bildschirm des Analysators sichtbar sind. Dies hat zur Folge, daß der Spektrum-Analysator bei extremen Signalverhältnissen nicht mehr in der Lage ist, korrekte Pegelangaben zu liefern.

Wenn wir uns nun Abbildung 4 nochmals ansehen, so erkennen wir neben den Störsignalen sehr pegelstarke Fremdsignale. Aufgrund des begrenzten Dynamikumfangs eines Spektrum-Analysators kann es sein, daß die Pegeldifferenz zwischen dem eigentlichen zu messenden Störsignal und einem Fremdsignal so groß wird, daß die korrekte Messung einer dieser Störpegel in Gegenwart eines anderen starken Signals nicht mehr möglich ist.

Aufgrund vorstehender Tatsache ist ein Spektrum-Analysator für Freifeldmessungen prinzipiell nur eingeschränkt geeignet.

Diesem Nachteil kann durch Vorschalten eines durchstimmbaren oder in Stufen schaltbaren Bandfilters, eines sogenannten Preselektors, begegnet werden, vorausgesetzt, der Preselektor verfügt über ausreichend viele Filterstufen.

Bei einem Meßempfänger tritt dieser Nachteil aufgrund seines Funktionsprinzips nicht auf. Durch die mitlaufende frequenzselektive Eingangsstufe „sieht“ der Meßempfänger nur die eingestellte Meßfrequenz. Er ist also in der Lage, auch kleine Signale in Gegenwart von benachbarten großen Signalpegeln zu messen, wodurch er für Freifeldmessungen aus dieser Sicht optimal geeignet ist.

Weniger geeignet ist ein Meßempfänger für Messungen mit Nahfeldsonden, da es hier oft wichtig ist, auf einen Blick einen ganzen Frequenzbereich zu beurteilen.