

Moderne Messtechnik meistert EMV-Herausforderungen

Die Menge der Funkprodukte übersteigt schon längst um ein Mehrfaches die Zahl der Erdbewohner und wächst rasant weiter. Damit wird ihre störungsfreie Koexistenz zu einer Herausforderung. Mit moderner Messtechnik lässt sich diese meistern.



Ein Produkt darf seine Umgebung weder elektromagnetisch stören noch durch äußere elektromagnetische Einflüsse in seiner Funktion beeinträchtigt werden. Internationale EMV-Normen stellen die Einhaltung dieser Forderungen sicher.

Testen, aber richtig

Welche Testvorschriften auf ein bestimmtes Produkt anzuwenden sind, ist produktgruppen- und branchenabhängig. So gibt es unterschiedliche Teststandards für medizinische Geräte, Consumer-Artikel, militärische Ausrüstung, die Automobilindustrie, die Luft- und Raumfahrt und viele andere Kategorien.

Das CE-Kennzeichen am Produkt signalisiert in Europa die Konformität mit den einschlägigen Normen. Eine entsprechende FCC-Kennzeichnung in den USA ist optional, allerdings muss auch hier die Einhaltung produktbegleitend dokumentiert sein.

Für alle Produkte mit integriertem (Rund-)Funkteil gilt in Europa ergänzend die Funkrichtlinie Radio Equipment Directive (RED). Sie erweitert die EMV-Regeln um zusätzliche Anforderungen an sende- und

empfangsfähige Geräte. RED soll insbesondere erreichen, dass sich Funkprodukte nicht störend in die Quere kommen (Koexistenz). Die Umsetzung der allgemein formulierten RED-Vorgaben in konkrete Testvorschriften obliegt Standardisierungsgremien wie ETSI, die sie in harmonisierte Normen einfließen lassen.

EMV-Tests sind eine seit Jahrzehnten geübte Praxis auf der Basis von Normen und Standards, die nur behutsam weiterentwickelt werden. Die Messgrößen, mit denen man umgeht, sind elektrische Basisgrößen wie (Stör-)Feldstärken, Ströme

und Spannungen. Die Signalform, in der diese Größen auftreten, spielt keine große Rolle. Deshalb werden Störbeeinflussungsmessungen mit sehr einfachen Signalen durchgeführt (CW, AM, Puls).

Allerdings hat sich die Produk-landschaft in den letzten Jahren stark verändert. Immer mehr Produkte enthalten Funkmodule, die sie mit dem Internet verbinden (Bild 1). Derzeit soll es weltweit bereits über 20 Milliarden internetfähige Einheiten geben, mit rasch steigender Tendenz. Für diese gelten jeweils die produktgruppenspezifischen EMV-Standards. Für ein störungsfreies Funktionieren in elektromagnetisch rauer Umgebung reichen die klassischen EMV-Maßnahmen und -Tests aber nicht mehr aus. Den zusätzlichen durch RED und vergleichbare Vorschriften initiierten Koexistenztests kommt deshalb eine immer größere Bedeutung zu.

Diese verlangen den Nachweis der Verträglichkeit eines funkenden Geräts mit anderen Drahtlosdiensten im vorgesehenen Einsatzbereich. Letzteres ist eine nicht zu vernachlässigende Konkretisierung, die erheblichen Einfluss auf die Testausgestaltung haben kann. So reicht es unter Umständen nicht aus, pro forma einem Standard zu genügen, wenn dieser die Einsatzbedingungen des konkreten Produkts nicht angemessen berücksichtigt. Der Hersteller muss sich

	LTE800	LTE2600	WLAN	Bluetooth
LTE800				
LTE2600				
WLAN				
Bluetooth				

Bild 1: Koexistenz-Szenario mit typischen Funkdiensten. Kritisch sind Funkdienstpaaungen im selben oder benachbarten Frequenzband (rot, orange). Hier setzt der Koexistenztest an

Autoren:
Mahmud Naseef,
Christian Reimer

Rohde & Schwarz
GmbH & Co. KG
www.rohde-schwarz.com

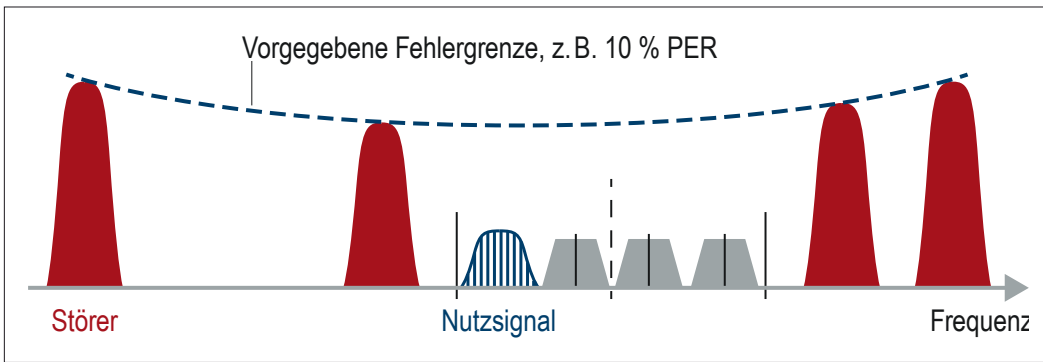


Bild 2: Je weiter die Frequenzablage des Störers vom Nutzsignal, umso größer der zulässige Störpegel, hier am Beispiel eines Störers mit Rauschcharakteristik (AWGN)

dann – etwa, wenn das Produkt im Medizinbereich eingesetzt wird – mit der zuständigen Behörde abstimmen, um einer möglichen Haftung aus Produktmängeln vorzubeugen oder überhaupt erst eine Marktzulassung zu erhalten.

Die Sache mit dem Blocking-Test

Als ein geeignetes Mittel zur Prüfung der Koexistenzfähigkeit wurde der Blocking-Test identifiziert und in die mit RED assoziierten europäischen Normen übernommen. Dazu

baut man zwischen dem Messobjekt und einem Funkkommunikationstester eine reguläre Verbindung mit vorgegebenen Parametern (Frequenz, Pegel) auf. Diese wird mit einem definierten Störsignal überlagert, das ein Signalgenerator erzeugt. Ein robuster Empfänger kann auch bei Anwesenheit stärkerer Störsignale noch bestimmungsgemäß arbeiten. Andernfalls muss nachgebessert werden.

Es zeigt sich allerdings, dass die nach Standard vorgenommenen Tests keine Garantie dafür sind,

dass sich ein Produkt im regulären Einsatz tatsächlich als so störfest erweist, wie es das Testergebnis suggeriert. Der Grund ist einfach der, dass die Standards mit der Marktentwicklung und den stürmischen Fortschritten in der Funktechnologie nicht Schritt halten und deshalb nur eine Basisabsicherung bieten. Ein bestandener, ordentlich dokumentierter Test mag im Fall eines folgenreichen Produktversagens juristisch wertvoll sein, den Markt, der das Produkt aufnehmen soll, wird er aber nicht beeindrucken.

Am Ende zählt nur die tatsächliche Produktleistung.

Ein Beispiel für eine in dieser Hinsicht verbesserungsfähige harmonisierte europäische Norm ist ETSI EN 300 328 V2.2.2 für Produkte, die im 2,4-GHz-ISM-Band arbeiten. In diesem extrem dicht belegten Band, in dem sich unter anderem WLAN, Bluetooth und die Haushaltsmikrowelle drängeln, stellt sich die Koexistenzfrage besonders nachdrücklich. Der normgerechte Blocking-Test ist jedoch weit davon entfernt, die reale Situation abzubilden und recht mühelos zu bestehen. Das idealisierte Störszenario besteht aus einem CW-Störer mit konstantem Pegel und einem auf die doppelte Nutzkanalbandbreite begrenzten Rauschhintergrund. Nun sind aber CW-Störer in der Realität nicht anzutreffen und die tatsächlich vorgefundenen breitbandig modulierten Signale können die gewünschte Empfangsqualität schon bei niedrigeren Pegeln verschlechtern. Ein völliges Unterbinden der Kommunikation („Blocking“) durch Störer ist indes unwahrscheinlich. Vielmehr verringert sich der Daten-

<p>Smart Home</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Haushaltsgeräte ▶ Heimautomation ▶ Außenkameras ▶ Smarte Zähler ▶ Smartes Spielzeug 	<p>Smart City</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Smart Parking ▶ Straßenlicht ▶ Mülltonnen ▶ WLAN-Hotspots ▶ Smarte Ampeln 	<p>Transport und Verkehr</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Flottenmanagement ▶ V2X ▶ Drohnen ▶ Drahtloses Bezahlen 	<p>Wearables</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Smartwatches ▶ Smarte Kleidung ▶ VR-Brillen 	<p>Medizin</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Telemedizin ▶ Implantate ▶ Überwachungsgeräte
--	--	--	---	---

Bild 3: Funkkommunikation dringt in nahezu alle Lebensbereiche ein. Das Thema „Koexistenz“ wird daher immer wichtiger

Vernachlässigbares Risiko	Minderes Risiko	Moderates Risiko	Hohes Risiko
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Waschmaschine ▶ Kühlschrank ▶ Intelligenter Zähler 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Navigationsgerät ▶ Smarte Beleuchtung ▶ Saugroboter 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Herd ▶ Kaffeemaschine ▶ Mikrowelle 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Medizinische Implantate ▶ Telemedizin ▶ Automotive Infotainment
			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Baby-Monitor ▶ Haustier-Tracker </div>

Bild 4: Beispielhafte vierstufige Risikokategorisierung funkverbundener Produkte in Anlehnung an ISO 14971 (dort fünfstufig). Produkteinstufung durch die Autoren

durchsatz, weil einzelne Datenpakete verloren gehen und neu angefordert werden müssen. Ein Produkt kann also trotz bestandener Koexistenzprüfung eine mangelhafte Funkstör-Robustheit aufweisen (Bild 2).

Realitätsnähere Ansätze

Nicht alle Standards hinken den aktuellen Erfordernissen hinterher. Ein Beispiel ist die Norm EN 303 340 Ver. 1.1.2. für DVB-T- und DVB-T2-Rundfunkempfänger. Sie verlangt als Störer verschiedene Signaltypen einschließlich der Simulation eines voll belegten LTE-Basisstationssignals. Störerseitig ist die Norm also ganz auf der Höhe der Zeit, hat dafür aber andere Schwächen.

Nur anhand eines bestandenen Tests nach dieser Norm lässt sich kaum beurteilen, wie gut sich der betreffende Empfänger tatsächlich in der Praxis schlägt, denn als Maß für die Verschlechterung (KPI) dient die Häufigkeit von Bildfehlern; treten solche aufgrund der applizierten Störungen höchstens alle 15 Sekunden auf, ist die Norm erfüllt und das Gerät darf verkauft werden. Ob der Kunde mit dieser Qualität schon zufrieden ist, muss sich dann noch erweisen.

Koexistenz in der IoT-Ära

Durch die künftige Allgegenwart funkender Produkte wird Koexistenz zu einem Schlüsselthema der Industrie (Bild 3). Allerdings kann man nicht alle Produkte über einen Kamm scheren, sondern muss differenzieren. Ein über Funk erreichbarer Herzschrittmacher oder ein Auto-Notrufsystem erfordern eine ganz andere Testschärfe und Qua-

litätsgewissheit als ein über WLAN steuerbares Spielzeug.

Ein anderer Aspekt, der in den aktuellen Normen zu kurz kommt, ist die Nutzererfahrung. Viele funkverbundene Produkte verfügen über Bildschirm und Lautsprecher. Wenn sich Störungen durch mangelhaftes Koexistenzverhalten über diese Schnittstellen bemerkbar machen, sollte die Zertifizierung dem Rechnung tragen.

Standardisierung ist ein langwieriges Unterfangen, weil viele Parteien gehört, Interessen abgewogen und unterschiedlichste Aspekte berücksichtigt werden müssen. Die Dringlichkeit praktikabler Lösungen legt der Industrie deshalb nahe, initiativ zu werden und im eigenen Interesse Testverfahren zu entwickeln, die ein verlässliches Funktionieren ihrer Produkte unter Einsatzbedingungen garantieren. Sie gewinnt dadurch nicht nur mehr Sicherheit im Sinne der Produkthaftung, sondern kann so auch Pluspunkte über die Endnutzererfahrung sammeln und sich Wettbewerbsvorteile erarbeiten.

Ein zeitgemäßes Koexistenzsicherungs-Testverfahren sollte die folgenden vier Aspekte einbeziehen:

1. Risiko einschätzen

Die Testanforderungen hängen stark von der Produktgruppe und den Einsatzbedingungen ab (Bild 4). Je größer der potenzielle Schaden bei einem Produktversagen insbesondere für Leben und Gesundheit, desto schärfer die Testbedingungen.

Besonders hoch sind die Anforderungen in der Medizintechnik. In den USA legt ausnahmsweise nicht die Funkregulierungsbehörde FCC

die Zulassungsregeln dafür fest, sondern die Food and Drug Administration (FDA). Sie verlangt eine Konformitätserklärung gemäß dem ANSI-Standard C63.27 für die Koexistenz von Funkprodukten. Dieser verweist auf die ISO-Norm 14971 zum Risikomanagement von Medizinprodukten, die den Herstellern mit einer Bewertungsmatrix dabei hilft, die Risikoeinschätzung für ihr Produkt selbst vorzunehmen. Auch was die Testprozedur betrifft, schreiben FDA und ANSI nicht im Einzelnen vor, wie der Konformitätsnachweis zu führen ist, sondern überlassen die Aufstellung der Testkriterien (KPIs) und die Entwicklung eines adäquaten Testverfahrens dem Hersteller, dem damit eine große Verantwortung übertragen wird. Allerdings sind alle herstellereitigen Einschätzungen und Maßnahmen der Behörde plausibel darzulegen und zusammen mit der Risikobewertung, dem ausführlichen Testprotokoll und einer Unsicherheitsanalyse einzureichen.

Um das Rad nicht mit jedem Produkt neu erfinden zu müssen, ist die Industrie natürlich daran interessiert, Testprozeduren zu entwickeln, die ganze Produktklassen abdecken. Rohde & Schwarz entwickelt derzeit zusammen mit einem Testhaus entsprechende Tests für einen Medizintechnikhersteller.

2. Nutzererfahrung berücksichtigen

Die Koexistenzqualität sollte nicht nur an funkphysikalischen Leistungskriterien festgemacht werden, sondern die Anwendungsschicht, sprich: die Nutzererfahrung einbeziehen. Gerade bei Produkten mit

einer optischen und/oder akustischen Nutzerschnittstelle machen sich Koexistenzprobleme unter Umständen direkt bemerkbar. Da der Nutzer ein Produkt nicht nach seiner Datenblattleistung, sondern nach seiner Alltagstauglichkeit beurteilt, ist eine ganzheitliche Betrachtung der Produktqualität schon im Rahmen des Koexistenztests sinnvoll. Jedes irreguläre Verhalten, das sich in optischen oder akustischen Signalen äußert, lässt sich automatisiert erfassen, zum Beispiel mit der Inspektionssoftware R&S AdvISE. Auch die Messung der Audio- und Videoqualität ist messtechnische Routine.

3. Einbausituation des Funkmoduls beachten

Ein Produkt mit eingebautem Funkmodul verhält sich in der Regel funktechnisch anders als das Modul allein, da Gehäuse und Einbaulage die Funkeigenschaften beeinflussen. Noch wird nicht in allen Ländern ein Koexistenztest am fertig montierten Produkt gefordert. Außerdem spielt es eine Rolle, aus welcher Richtung Nutz- und Störsignal auf das Testobjekt einwirken. Zu einem aussagefähigen Test gehört deshalb auch die Variation der Einfallswinkel über DUT- und Antennenpositionierer.

4. Angemessene Störsignale wählen

Wie oben schon erwähnt, stressen die von manchen Normen vorgegebenen Störsignale das Messobjekt nicht hinreichend, um Koexistenzprobleme im realen Einsatz auszuschließen. Deshalb sollte mit Störsignalen gearbeitet werden, die den Worst Case nachbilden. HF-

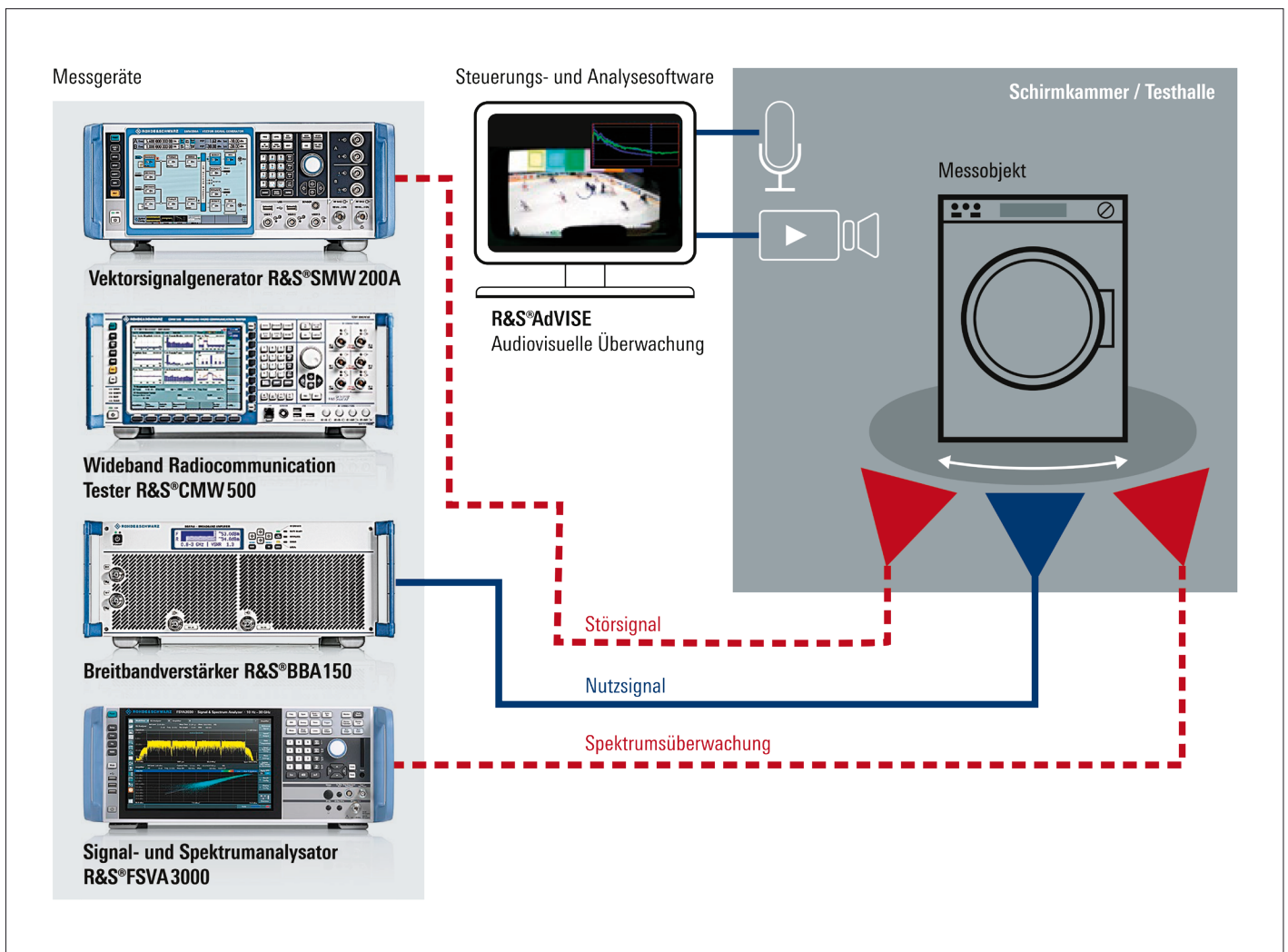


Bild 5: Mit einem Testaufbau wie diesem lässt sich das Koexistenzverhalten einer Vielzahl von Produktklassen analysieren

Leistung, Störfrequenz, -spektrum und -bandbreite sind entsprechend zu bemessen.

Werden all diese Faktoren beim Blocking-Test berücksichtigt, sollte einem störungsfreien Produktbetrieb nichts im Wege stehen.

Ein typischer Koexistenz-Testaufbau

Bild 5 zeigt einen Testaufbau für Objekte mit geringerer Risikoeinstufung, der allen genannten Kriterien gerecht wird. Er umfasst einen Funkkommunikationstester, einen Vektorsignalgenerator, einen Spektrumanalysator, eine Echtzeit-Inspektionssoftware und einen optionalen Leistungsverstärker. Die Messung erfolgt in einem vollständig reflexionsfreien, elektromagnetisch abgeschirmten Raum. Für Hochrisikoprodukte würde man die Stö-

rerseite noch deutlich ausbauen, indem man weitere Signalgeneratoren und Antennen hinzunimmt, um komplexe Signalszenarien zu modellieren.

Der Funkkommunikationstester stellt zunächst eine Ende-zu-Ende-Verbindung mit normalem Signalpegel zum DUT her, indem er dessen Funkschnittstelle emuliert, sei es ein Nahbereichsstandard wie WLAN oder ein zellulares Netzwerk (2 bis 5G). Der Leistungsverstärker kann notwendig sein, um den Signalpegel zu erhöhen.

Zunächst wird ein Funktionstest ohne Störeinwirkung durchgeführt und die Ergebnisse für alle relevanten KPIs der physikalischen und der Anwendungsschicht (Datendurchsatz, PER, BLER, Video- und Audioleistung) werden aufgezeichnet. Dann wird der Leistungspegel des Nutzsignals auf einen Wert redu-

ziert, bei dem gerade noch eine Kommunikation möglich ist, um das Worst-Case-Szenario zu reproduzieren. Nach dem Aufschalten des Störsignals wiederholt man die Messungen.

Sofern das Messobjekt optische und/oder akustische Ausgaben erzeugt, überprüft eine Inspektions-Software, die über Webcam und Mikrofon das DUT überwacht, ob diese die gewünschte Qualität haben. Abweichungen werden mit Zeitstempel und Beweisdaten dokumentiert.

Messbegleitend stellt ein Spektrumanalysator das HF-Spektrum dar. Mit ihm lässt sich kontrollieren, ob die Nutz- und Störsignale die richtigen Frequenzlagen und Pegel haben und ob nicht irgendwelche Fremdsignale auftreten, die das Testergebnis in Frage stellen würden.

Fazit

Die Sicherstellung der ungestörten Koexistenz funkender Produkte wird im IoT-Zeitalter immer wichtiger. Aktuelle Koexistenz-Teststandards bilden aufgrund der schnellen Entwicklung von Technologie und Markt die Einsatzwirklichkeit der Produkte oft nicht mehr hinreichend gut ab. Deshalb sind die Hersteller insbesondere risikobehafteter Produkte gut beraten, über die vorgeschriebenen Tests hinaus zusammen mit Testhäusern realistischere Tests zu entwickeln und durchzuführen. Sie mindern dadurch einerseits ihre Haftungsrisiken und steigern andererseits die Nutzerzufriedenheit und das Qualitätsimage ihrer Produkte. Unter Beachtung weniger Testgrundsätze lassen sich adäquate Tests mit aktueller Messtechnik problemlos umsetzen. ◀