Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 71 (1993)

Heft: 3

Artikel: Der Effizienz, Reproduzierbarkeit und Repräsentanz verpflichtet

Autor: Ryser, Heinrich

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-875490

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Der Effizienz, Reproduzierbarkeit und Repräsentanz verpflichtet*

Heinrich RYSER, Bern

Das primäre Ziel der EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) ist in der Definition der EMV-Richtlinie der EG/EFTA-Staaten recht gut verständlich und sehr allgemein formuliert:

Elektromagnetische Verträglichkeit ist die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.

Allerdings ergeben sich bei der praktischen Anwendung sofort einige schwer zu beantwortende Fragen:

Frage 1: Was heisst «zufriedenstellend arbeiten» im Einzelfall?

Je nach Standpunkt der beteiligten Personen oder Stellen kann die Beantwortung der Frage, was eine zufriedenstellende Funktionsweise sei, sehr verschieden ausfallen.

Frage 2: Was ist für die in der Umwelt vorhandenen Apparate und Systeme an elektromagnetischen Störungen noch zumutbar?

Auch hier gibt es verschiedene Interessengruppen, die diese Frage normalerweise ganz verschieden beantworten werden:

- der Lieferant des störenden Produkts
- der Lieferant des gestörten Produkts
- der Besitzer oder Betreiber des störenden Produkts
- der Besitzer oder Betreiber des gestörten Produkts

Im akuten Störfall ist ausserdem oft nicht bekannt, woher und auf welchem Weg die Störung das Störopfer erreicht. Der Begriff Störung kann zwei verschiedene Bedeutungen haben: Im einen Fall meint man mit dem Wort «Störung» die (im Fall der EMV elektromagnetische) Ursache einer Fehlfunktion des Prüflings, im andern Fall meint man mit dem gleichen Wort die Fehlfunktion selber.

Der «IEC Dictionary» verwendet dafür zwei verschiedene Begriffe: «Disturbance» für die Ursache und «Interference» für die Folge der elektromagnetischen Beeinflussung.

EMV-Normen sind grundsätzlich ein Versuch, die beiden Fragen möglichst neutral zu beantworten.

Dabei wird normalerweise das zur Diskussion stehende Prüfobjekt in zweierlei Hinsicht betrachtet: als potentielle Störquelle (Störaussendung) einerseits und als potentielles Störopfer (Störfestigkeit) anderseits.

EMV-Normen können in verschiedenen Situationen zur Anwendung kommen:

Akuter Störfall

Im akuten Störfall soll beurteilt werden, wie das Problem am besten gelöst werden kann.

In Ländern mit juristisch orientierter Kultur (zum Beispiel den USA oder dem heutigen Europa) wird die Frage meist so umformuliert: Wem soll die «Schuld» zugewiesen werden, dem «zu starken Störer» oder dem «zu empfindlichen Störopfer»?

In Ländern mit handwerklich-technisch orientierter Kultur (Japan) wird die gleiche Frage normalerweise anders formuliert: Was kann an den beteiligten Systemen verbessert werden, damit die Störungen in Zukunft nicht mehr vorkommen?

Tatsächlich nützt bei einem akuten Störfall der Verweis auf Vorschriften wenig, und es muss schliesslich immer eine technische Lösung gefunden werden, um die festgestellte Störung zu vermeiden. Dazu hilft nur technisches Verständnis, Phantasie und Erfahrung mit ähnlichen Situationen. Vorschriften können in diesen Situationen allenfalls beigezogen werden, um zu entscheiden, wer die Kosten zu tragen hat.

Das Verhältnis der Vorschriften zu dieser Situation soll hier noch etwas genauer erläutert werden:

Störemissionsgrenzwerte für den Radiostörschutz sind zum Beispiel so angelegt, dass zwar nicht alle Störfälle ganz ausgeschlossen sind (weil dies zu sehr strengen Grenzwerten und damit zu sehr teueren Schutzmassnahmen führen würde). Sie sind im Sinne eines Kompromisses darauf hin angelegt, die Anzahl der Störfälle auf ein wirtschaftlich tragbares Minimun zu reduzieren. In einzelnen besonders ungünstigen Situationen kann es dabei immer noch zu Störfällen kommen.

Ausserdem gibt es auch Störquellen, die sich mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nicht eliminieren lassen: Zum Beispiel ist jeder Lichtschalter und jede Fluoreszenzlampe eine kleine Quelle für schnelle Transienten mit wenigen Nanosekunden Anstiegszeit und entsprechend hohem Frequenzspektrum. Eine Entstörung aller

* Originalfassung in der «Technischen Rundschau», im Hallwag Verlag, Bern, erschienen.

dieser Quellen ist ökonomisch nicht sinnvoll und praktisch auch nicht durchsetzbar, weil von den vielen Entstörkondensatoren über jedem Lichtschalter sehr bald der eine oder andere fehlen würde oder defekt wäre.

Auch die Entladung von elektrostatisch aufgeladenen Personen oder elektrostatisch aufgeladenem Mobiliar (beispielsweise die Putzmaschine der Putzfrau) in normaler Büroumgebung muss als Tatsache akzeptiert werden, weil eine wirksame Unterdrückung elektrostatischer Aufladung in Büro und Haushaltumgebung viel zu aufwendig wäre.

Ein elektronisches Produkt muss deshalb eine minimale Immunität gegen bestimmte elektromagnetische Störphänomene haben, um in normaler Umgebung zufriedenstellend arbeiten zu können.

Zulassung zum Markt

Bei der Zulassung von Produkten zu einem bestimmten Markt soll eine möglichst einheitliche Beurteilung gewährleistet werden, so dass alle Anbieter gleiche Marktchancen haben.

Wichtigstes Thema für diese Situation sind die Pflichtwerte für die Störaussendung. Es wird dabei geprüft, wie stark die Störungen sind, die der Prüfling an die Umgebung abgibt. In vielen Ländern sind solche Grenzwerte zum Schutz der Funkdienste seit Jahren bekannt, wurden aber bisher nicht überall gleich durchgesetzt und waren auch von Land zu Land unterschiedlich. Die EG und die EFTA haben sich zum Ziel gesetzt, diese Ungleichheiten durch die Anwendung der EMV-Richtlinie zu eliminieren. Die Einhaltung der EMV-Richtlinie ist neben andern Richtlinien eine der Voraussetzungen für das Anbringen des EG-Zeichens auf einem Produkt.

Mit der EMV-Richtlinie wurde allerdings eine neue Komponente in die Vorschriften gebracht: Während bisher in den nationalen Vorschriften für die Marktzulassung nur die Störaussendung betrachtet wurde, ist nun im Sinne des Konsumentenschutzes auch eine (minimale) Störfestigkeit gefordert.

Ein anderes Beispiel für heute geltende Marktzulassungsbedingungen sind die BAKOM-Pflichtenhefte für die Zulassung von Telecom-Endgeräten für den freien Markt in der Schweiz.

Dazu ist zu bemerken, dass die EMV-Pflichtwerte der BAKOM-Pflichtenhefte nicht primär darauf hin ausgelegt sind, generell eine gute EMV zu gewährleisten, sondern vor allem darauf hin, zu verhindern, dass das öffentliche Telefonnetz oder die Funkversorgung übermässig gestört wird. Die BAKOM-Zulassung ist deshalb kein Nachweis, dass das gekaufte Gerät auch in allen Teilen ungestört funktioniert, sondern nur ein Nachweis, dass die Öffentlichkeit durch das Gerät nicht gestört wird.

Auch bei den für das EG-Zeichen verlangten EMV-Spezifikationen (beispielsweise den «Generic standards») muss daran erinnert werden, dass zwar neben den Störaussendungsspezifikationen auch Störfestigkeitsspezifikationen vorgesehen sind, die geforderten Werte aber als Minimalforderung im Sinne des Konsumentenschutzes für ein Massenprodukt gedacht sind. Je nach Wichtigkeit und Anwendungsort des Produkts ist es zu empfehlen, teilweise andere oder strengere EMV-Spezifikationen zu wählen.

Qualitätsnachweis bezüglich EMV

Aus den vorstehenden Bemerkungen geht hervor, dass die EMV-Spezifikationen für die Marktzulassung allein noch nicht unbedingt eine hohe EMV-Qualität garantieren.

Der Anwender hat die Möglichkeit, in eigener Kompetenz für die Störfestigkeit (für die Störaussendung ist er an die Spezifikationen für die Marktzulassung gebunden) strengere EMV-Spezifikationen vorzuschreiben, zum Beispiel

- als Teil eines Abnahmepflichtenhefts für Teile eines grösseren Projekts (zum Beispiel in der Flugzeugindustrie, der Autoindustrie oder bei Militärprojekten)
- als hausinterne Qualitätsanforderungen eines grösseren Herstellers oder Betreibers von Informatik- oder Telecom-Anlagen
- als Verkaufsargument für qualitativ hochstehende Produkte

Wichtigstes Thema für diese Situation (Qualitätsnachweis) sind die Pflichtwerte für die Immunität. Es wird geprüft, wieviel der Prüfling an Störungen aus der Umgebung aushält, ohne in seiner Funktion gestört zu werden.

Die drei Ebenen der EMV-Normierung

Ebene der Messmethoden

Auf dieser Ebene geht es darum festzulegen, wie eine Messung durchzuführen ist und welche Eigenschaften die dazu verwendeten Messgeräte und Prüfhilfsmittel haben müssen, damit eine Messung korrekt ist. Normen dieser Ebene werden als «Basic standard» bezeichnet.

Ebene der Grenzwerte

Auf dieser Ebene wird für einen bestimmten Anwendungsbereich (Produktfamilie oder Umgebungsklasse) angegeben, welche Grenzwerte einzuhalten sind. Normen dieser Ebene sind die «Product family standards» und die «Generic standards» oder auch Pflichtenhefte oder firmenspezifische Qualitätsanforderungen.

Ebene der juristischen Durchsetzung

Auf dieser Ebene wird festgelegt, wann ein bestimmtes Produkt welche Normen zu erfüllen hat und wie die Erfüllung der Normen nachgewiesen wird.

Diese drei Ebenen sind zwar logisch getrennt und sollten soweit als möglich auch getrennt behandelt werden. Es ist aber nicht zu vermeiden, dass Entscheidungen auf der einen Ebene die Situation auf der anderen Ebene beeinflussen. Dies ist mit ein Grund, warum die Diskussionen in den zuständigen Gremien oft so schwierig sind und nur langsam vorwärtskommen.

In der Folge sollen einige Probleme der ersten Ebene, «Messmethoden», diskutiert werden. Auf die Fragen der beiden andern Ebenen wird hier nicht weiter eingegangen.

Zielsetzungen für EMV-Messmethoden

Bei der Entwicklung und Festlegung von EMV-Messmethoden sollten die folgenden drei Eigenschaften angestrebt werden:

Effizienz

Die Messmethode soll mit möglichst wenig Aufwand (Testzeit, Investitionen) möglichst viele und möglichst sichere Informationen über die EMV-Eigenschaften des gemessenen Produkts aufzeigen.

Reproduzierbarkeit

Die Messmethode soll bei wiederholter Durchführung (im gleichen oder in einem anderen Messlabor) immer das gleiche Ergebnis zeigen.

Repräsentanz

Die Messmethode soll ein möglichst gutes Abbild ergeben, wie das Prüfobjekt in der normalen Anwendung auf die gleichen Störphänomene reagieren würde.

Leider ist es so, dass ein grosser Teil der heute offiziell anerkannten EMV-Messmethoden in einem oder in mehreren der drei Eigenschaften relativ schlecht ist.

Einige Messmethoden brauchen eine extrem teure Infrastruktur und sind sehr zeitaufwendig. Trotzdem sind oft gerade diese Methoden nicht besonders gut reproduzierbar. Auch die Repräsentanz muss in grösseren Teilbereichen angezweifelt werden.

Die Normengremien befinden sich zudem in einem ständigen Kampf gegen den im «Naturgesetz der Normenentstehung» (siehe Kasten) etwas überspitzt formulierten Trend zur Unverständlichkeit der Normentexte, und die meisten Normen brauchen für die praktische Anwendung deshalb zusätzliche Interpretation.

Zwar wird an der Verbesserung dieser Situation gearbeitet, aber dem Entwicklungsingenieur, der heute ein Produkt nach den heutigen Vorschriften entwickeln soll, ist damit leider noch nicht geholfen.

Probleme mit der Reproduzierbarkeit

Eine der Schwierigkeiten bei EMV-Messungen ist dadurch bedingt, dass die Messergebnisse gelegentlich durch unscheinbare Nebeneffekte stark beeinflusst werden. Wer nur selten mit solchen Messungen zu tun hat, wird Mühe haben, alle diese Einflüsse richtig zu erkennen und zu beurteilen. Auch für den routinierten EMV-Messingenieur ist es oft schwierig, alle diese Einflussfaktoren richtig zu erkennen und so festzulegen, dass er nicht ungewollt das Messresultat beeinflusst.

Ziel einer guten EMV-Messmethode ist es, möglichst viele dieser bewussten oder unbewussten Einflüsse definiert festzuhalten, so dass jedes Messlabor schliesslich das gleiche Resultat erhält.

Man muss dabei unterscheiden zwischen drei verschiedenen Arten von Einflussfaktoren:

Einflüsse, die durch die nicht genügend definierten Parameter der Messmethode entstehen

Beispiele für die Einflüsse dieser Art sind:

- Kalibrationsfehler der benützten Messeinrichtungen. Dazu gehören Messplatzfehler, Unterschiede der Antennenkalibration, nicht berücksichtigte Kabelverluste, Ungenauigkeit der Messempfänger usw.
- Unterschiede in der Aufstellung des Prüfobjekts. Bei den meisten EMV-Messmethoden, insbesondere bei der Feldstärkemessung, spielen die Aufstellung des Prüfobjekts und die Auslegung der Kabel eine grosse Rolle.
- Unterschiede in der Strategie für die Maximumsuche. Die Norm für die Feldstärkemessung schreibt vor, dass der maximale Wert gesucht wird. Dieses Maximum kann aber auf verschiedene Arten gesucht werden.
- aufgewendete Testzeit. Die erwähnte Maximumsuche kann je nach angewendeter Strategie sehr viel Zeit in Anspruch nehmen. In Wirklichkeit wird praktisch immer in der einen oder anderen Form ein abgekürztes Verfahren angewendet. Wie und in welchem Ausmass dabei Kompromisse gemacht werden, hat einen weiteren Einfluss auf das Messresultat.

Diese Art von Einflussfaktoren liegt in der Kompetenz des EMV-Prüflabors. Der für die Messung verantwortliche EMV-Ingenieur hat die Aufgabe, diese Einflussfaktoren so klein als möglich zu halten. Dabei steht er im Konflikt zwischen den drei Forderungen

- die Messung normgerecht durchzuführen
- reproduzierbare Resultate zu erreichen
- die Prüfkosten klein zu halten

Es fällt dem Leser vielleicht hier auf, dass zwischen normgerechter und reproduzierbarer Messung ein Konflikt bestehen soll. Dies ist zwar nicht erwünscht, ist aber leider bei einigen der zurzeit formell gültigen Messmethoden der Fall. Wie weiter unten noch ausführlicher erwähnt, sind die heutigen EMV-Normen in dieser Beziehung alles andere als optimal. Bei der praktischen Durchführung der EMV-Messungen geht es heute nicht ohne Kompromisse, die aber unterschiedliche Messresultate zur Folge haben können. Es ist notwendig, dass durch weitere Präzisierung der Normen diese Konflikte vermieden und die Einflüsse dieser Art so klein als möglich gemacht werden.

Einflüsse, die dadurch entstehen, dass das Prüfobjekt in unterschiedlichen Betriebszuständen gemessen wird

Juristisch gesehen, müssen die EMV-Spezifikationen in jedem möglichen Betriebszustand des Prüfobjekts eingehalten werden. Bei der Prüfung werden aber kaum alle Betriebszustände geprüft

- weil sie gar nicht bekannt sind
- weil sie in der Prüfkonfiguration nicht möglich sind
- weil die notwendige Zeit (oder das Geld) nicht zur Verfügung steht

Oft sind dem Prüfpersonal die möglichen Betriebszustände des Prüfobjekts gar nicht alle bekannt. Es hängt deshalb von der Erfahrung und der Phantasie der für die Prüfung zuständigen Personen ab, wieweit sie bei den Messungen die richtigen Betriebszustände erwischen. Für diese Aspekte ist eine gute Zusammenarbeit zwischen dem EMV-Fachmann und dem für das Produkt

Verantwortlichen sehr wichtig. Weil die möglichen Betriebszustände für jedes Produkt anders sind, können entsprechende Festlegungen nicht in einem «Basic standard» und auch nicht in einem «Generic standard» stehen.

Hingegen soll ein «Product family standard» zusätzliche Angaben darüber enthalten, welche Betriebszustände bei dem in Frage stehenden Produkt gemessen werden sollen. «Product family standards» sollen auch detaillierte Angaben enthalten, wie die Prüflingsreaktionen bei der Störfestigkeitsmessung zu klassieren sind.

Einflüsse, die durch Variation nicht kontrollierter Details im Prüfobjekt selber entstehen

Beispiele für die Einflüsse dieser Art sind:

Konstruktionsvarianten

Eine kleine Änderung der Konstruktion, die für irgendeinen anderen Zweck gemacht wurde, bei der aber niemand an einen Einfluss auf die EMV-Eigenschaften gedacht hat, kann das Messresultat sehr stark beeinflussen. Ein Prüfobjekt aus der geänderten Serie wird deshalb nicht mehr das gleiche Resultat zeigen.

Unkontrollierte Kontaktstellen

Je nach Übertragungsweg der Störung kann es unter Umständen eine grosse Rolle spielen, ob zum Beispiel ein mit Farben gespritztes Blechgehäuse an einer bestimmten Ecke elektrisch verbunden ist oder nicht. Falls dieser Kontakt dem Zufall unterworfen ist, sind auch die davon beeinflussten EMV-Messresultate dem Zufall unterworfen. Nach kurzem Öffnen und wieder Zuschrauben des Gehäuses kann sich das Messergebnis um mehr als 10 dB geändert haben. Es stellt sich dann die Frage, welches von beiden Messresultaten gültig ist . . . Ähnliche Probleme kommen auch bei der Kontaktierung von Gehäuseteilen aus metallisiertem Kunststoff vor.

Abnützung störwirksamer Teile

Gewisse Störquellen (etwa Kontaktbürsten in Motoren) sind einer Abnützung unterworfen. Das Messergebnis hängt in solchen Fällen vom Abnützungszustand dieser Teile ab.

Diese Art von Einflussfaktoren ist grundsätzlich Teil des Prüfobjekts und kann durch Verbesserung der EMV-Messmethoden nicht eliminiert werden. In gewissen Fällen (beispielsweise Haushaltgeräte mit Kollektormotoren) ist eine statistische Betrachtung notwendig. Bei Produkten mit einem gutgeplanten EMV-Konzept sind solche Probleme normalerweise selten zu beobachten. Bei Produkten mit ungenügendem EMV-Konzept kommen sie aber gelegentlich vor und können die EMV-Prüfung sehr schwierig machen.

Offiziell anerkannte Messmethoden

Als Beispiel sollen hier die Messmethoden kommentiert werden, die durch die Fachgrundnorm EN50081-1 und EN50082-1 (Generic standards) für die Umgebungsklasse «Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe» formell gültig vorgeschrieben sind, solange keine spezifische Produktenorm oder «Product family standard» vorliegt.

Störaussendung am Netzanschluss

Frequenzbereich bis 30 MHz, Grundnorm 55022, Abschnitte 4 und 9

Nach dieser Methode wird die Störaussendung am Netzanschluss mit Netznachbildungen gemessen. Die Reproduzierbarkeit ist relativ gut. Die für die Messung notwendige Infrastruktur ist nicht extrem teuer, und die Messzeiten sind kurz. Diese Methode kann in allen drei Punkten (Effizienz, Reproduzierbarkeit und Repräsentanz) als gut bezeichnet werden.

Störaussendung Feldstärkegrenzwerte

Frequenzbereich 30 bis 100 MHz, Grundnorm 55022, Abschnitte 5 und 10

Bei dieser Methode wird die Störaussendung durch Messung der Feldstärke in 10 m Abstand auf einem definierten Messplatz festgelegt. Dabei wird die Antenne in der Höhe (1 bis 4 m) und der Polarisation variiert und das Prüfobjekt auf einem Drehtisch gedreht. Ausserdem sind theoretisch mehrere Kabelauslegungen und eventuell auch mehrere Betriebsarten des Prüfobjekts zu messen. Als Messwert gilt dann (für jede Frequenz) die maximale Ablesung, die durch beliebige Variation aller dieser unabhängigen Variablen erreicht werden kann. Bei der praktischen Durchführung dieser Messmethode wird immer ein in der einen oder andern Form abgekürztes Verfahren angewendet (Strategie für die Maximumsuche). Ausserdem muss beim Messplatz oft ein Kompromiss gemacht werden (zum Beispiel kürzere Messdistanz als 10 m, maximale Antennenhöhe weniger als 4 m, Maskierung durch Fremdstörungen beim Freifeldmessplatz, ungenügende Absorberqualität bei der Absorberhalle). Solche Kompromisse führen zu zusätzlichen Unsicherheitsfaktoren. Für den Frequenzbereich 30 bis 100 MHz bilden die Kabelauslegungen und die ungenügende Definition der Erdungsverhältnisse für die Kabel während der Messung einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor, der auch bei dem perfektesten Messplatz (Investition 5 bis 10 Mio Fr.) nicht eliminiert ist. Die Messzeit ist trotz der hohen Investitionen je nach angewendeter Strategie für die Maximumsuche immer noch relativ hoch.

Die Effizienz dieser Methode muss als schlecht bezeichnet werden. Die Reproduzierbarkeit ist besonders unterhalb 100 bis 200 MHz ebenfalls nicht gut.

Die Repräsentanz ist zwar gut, solange die Wellenlänge der abgestrahlten Signale kürzer ist als die Länge der für die Abstrahlung massgebenden Kabelteile während der Messung. Dies ist aber für die Frequenzen zwischen 30 und etwa 100 MHz normalerweise nicht der Fall.

Als Ausweg aus dieser relativ schlechten Situation werden zurzeit in den Normierungsgremien die folgenden drei Ergänzungen diskutiert:

1. zusätzliche Detailangaben zur Aufstellung des Prüfobjekts bei der Feldmessung.
2. Zulassung von nicht perfekten Absorberhallen durch Anwendung einer speziellen Eichmethode, mit der die Ungenauigkeiten der Halle aufgeteilt werden in «Hallenfaktor» und «Graufaktor». Bei der Bewertung des Messresultats wird dann der «Graufaktor» als zusätzliche Sicherheitsmarge eingesetzt.

3. Zulassung der Messmethode für abgestrahlte Leistung (Absorberzange) bei kleineren Prüfobjekten. Diese Methode braucht einen Bruchteil der für die Feldstärkenmessung notwendigen Investitionen. Die Reproduzierbarkeit ist eindeutig besser, und die Repräsentanz ist nicht schlechter als bei der Feldstärkenmessung. Die Einführung dieser Methode ist nicht ein technisches, sondern nur ein juristisches und normenpolitisches Problem.

Weitere Verbesserungen in dieser Richtung sind denkbar, zurzeit aber noch nicht spruchreif.

Störfestigkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern

Frequenzbereich 27 bis 500 MHz, Grundnorm IEC801-3, Ausgabe 1984

Für diese Messung wird der Prüfling in einem geschirmten Raum aufgestellt und mit einem durch Antennen erzeugten Feld bestrahlt. Der absolute Wert der Feldstärke wird durch eine neben dem Prüfling aufgestellte Feldsonde festgelegt.

Diese Methode hat grosse Probleme mit der Reproduzierbarkeit:

- Die Reflexionen an den Wänden und am Boden des geschirmten Raums verursachen ausgeprägte Nullstellen im Feld, die je nach Frequenz und Raumdimensionen an unterschiedlicher Stelle vorkommen.
- Das Messresultat ist auch hier stark durch die Kabelauslegung beeinflusst.
- Eine kleine Verschiebung der Position der Feldsonde kann bei gewissen Frequenzen das Resultat der Messung stark beeinflussen.

Ein weiteres Problem ist dadurch bedingt, dass die Prüfung nach der gültigen Norm ohne Modulation durchgeführt wird. Die Felder im realen Störfall sind aber moduliert, und viele Prüfobjekte sind besonders empfindlich auf modulierte Signale, reagieren aber wenig im ummodulierten Feld. Es kann vorkommen, dass ein Gerät, das bei der Prüfung nach der gültigen Norm mit 30 V/m keine Fehler zeigt, im realen Störfeld bei wenigen V/m bereits stark gestört ist.

Diese Schwierigkeiten sind bekannt, und eine neue Generation von Grundnormen (IEC801-3 [zweite Ausgabe] und IEC801-6) steht kurz vor dem Abschluss. Darin sind zwar nicht alle diese Probleme behoben, aber doch einiges deutlich verbessert. Die Modulation mit 1 kHz 80 % ist hier vorgeschrieben. Die Reproduzierbarkeit ist im Frequenzbereich 30 bis 80 MHz dadurch deutlich verbessert worden, dass die Feldsimulation durch (definierte) Injektion auf alle angeschlossenen Leitungen ersetzt wird. Diese ist in diesem Frequenzbereich keineswegs weniger repräsentativ als die Feldsimulation mit zu kurzen oder nicht genügend exponierten Kabeln.

Für die Feldsimulation oberhalb von 80 MHz wird durch zusätzliche Bodenabsorber ein voll absorbierender Messraum angenähert und die Messraumqualität durch eine Verifikation in einer Fläche von 1,5 × 1,5 m kontrolliert. Falls die Kabel über etwa 1 m dem definierten Feld ausgesetzt werden, ist die Messung oberhalb 80 MHz auch genügend repräsentativ.

Der notwendige Absorberraum ist zwar etwas weniger teuer als derjenige für die Feldstärkenmessung bei der Störaussendung. Hingegen sind die für homogene Felderzeugung mit Antenne notwendigen Verstärker sehr teuer, so dass ein korrekter Messplatz für diese Messmethode ebenfalls eine sehr kostspielige Angelegenheit wird. Die Effizienz der Methode ist deshalb oberhalb 80 MHz nicht besonders gut.

Es ist möglich, die Injektionsmethode nach IEC801-6 für kleinere Prüfobjekte auch bis zu höheren Frequenzen zu verwenden (zum Beispiel bis 230 MHz), falls geeignete Koppelnetzwerke vorhanden sind. Eine kostengünstige Variante ist auch die in IEC801-6 beschriebene Methode mit der EM-Zange. Dadurch erhält man eine Messung, die mit bedeutend weniger Investitionen eine reproduzierbarere und trotzdem repräsentative Messung ergibt. Je höher die untere Frequenzgrenze für die Feldmessung gelegt werden kann, desto günstiger sind auch die für die Feldmessungen noch notwendigen Absorberräume.

Störfestigkeit gegenüber der Entladung statischer Elektrizität

Grundnorm IEC801-2, Ausgabe 1984

In EN50082-1 ist noch die ältere Version der Grundnorm (Ausgabe 1984) angeführt. Diese ist schlecht reproduzierbar, weil die Anstiegszeit des Prüfsignals durch unkontrollierbare Faktoren der Prüfung sehr stark beeinflusst wird. Bei Prüfspannungen von etwa 5 kV kann die Anstiegssteilheit des Stroms zwischen 2 und 30 A/ns schwanken. Bei Prüfspannungen über etwa 5 kV wird eine der realen Belastung entsprechende Anstiegssteilheit nie erreicht. Die Repräsentanz der Messmethode ist deshalb ebenfalls schlecht. Die neuere Ausgabe der entsprechenden Grundnorm (IEC801-2, Ausgabe 1991) ist gegenüber der ersten Ausgabe in vielen Punkten verbessert. Die Erzeugung des Prüfsignals mit der Kontaktmethode garantiert reproduzierbare Anstiegssteilheiten bis zu hohen Prüfspannungen (dabei ist ein Test mit 8 kV Prüfspannung nach der neuen Methode normalerweise deutlich strenger als eine Prüfung nach der alten Methode mit 15 kV). Auch bei der Aufstellung des Prüfobjekts wurde einiges präziser und realitätsgerechter definiert. Einzig die in dieser Ausgabe neu aufgenommene indirekte Entladung auf «radiating planes» ist in der vorliegenden Fassung möglicherweise noch nicht genügend genau definiert. Die praktischen Erfahrungen mit der neuen Ausgabe werden zeigen, was noch verbessert werden muss.

Die neue Ausgabe der Grundnorm ist bezüglich Reproduzierbarkeit und Repräsentanz deutlich besser als die ältere Ausgabe.

Störfestigkeit gegenüber schnellen Transienten

Grundnorm IEC801-4, Ausgabe 1988

Die in dieser Grundnorm definierten Störsignale sind sehr realitätsgerecht, und die Einkopplung auf den Netzanschluss gibt gut reproduzierbare Ergebnisse. Einzig die Reproduzierbarkeit der Einkopplung auf Datenleitungen ist nicht immer so, wie man es gerne hätte. Die Einkopplung auf Datenleitungen ist aber erfahrungsgemäss sehr wichtig, und Verbesserungen der Grundnorm sind allenfalls in diesem Bereich noch anzustreben.

Die Repräsentanz und die Effizienz kann als sehr gut bezeichnet werden.

Priorität der EMV-Messmethoden

Es stellt sich nun die Frage, wie der Entwickler elektronischer Produkte vorgehen kann, um die von ihm verlangten EMV-Spezifikationen zu erfüllen, seien es selbstgewählte Qualitätsspezifikationen oder die zur Marktzulassung nachzuweisenden Mindestanforderungen.

Rechtzeitige Berücksichtigung der EMV im Projektablauf

Der Entwickler sollte so früh als möglich mit einem professionell geführten EMV-Labor zusammenarbeiten, so dass er die EMV-Aspekte in der Konstruktion rechtzeitig berücksichtigen und rechtzeitig die notwendigen EMV-Messungen einplanen kann.

Beschränkung auf effiziente Messmethoden während der Entwicklungsphase

Die grossen Unterschiede in der Effizienz der Messmethoden legen es nahe, dass in der Entwicklungsphase vorerst nicht alle EMV-Messungen durchgeführt werden. Eine Verbesserung, die mit der einen Messung festgestellt wird, wirkt sich in vielen Fällen auch als Verbesserung bei den anderen Messungen aus. Die Messresultate der verschiedenen Methoden sind also bei den meisten Prüfobjekten positiv korreliert.

Für eine grobe Bestandesaufnahme genügt es durchaus, wenn man sich auf die folgenden Prüfmethoden beschränkt:

1. Störaussendung für $f < 30$ MHz: Messung am Netzanschluss (und an Datenleitungen) mit Netznachbildungen
2. Störaussendung für $f > 30$ MHz: Messung der abgestrahlten Leistung mit der Absorberzange
3. schnelle Transienten nach IEC801-4
4. Entladung statischer Elektrizität nach IEC801-2, Ausgabe 1991

Weil die Störfestigkeitsmessungen naturgemäss viel zeitaufwendiger sind als die Störaussendungsmessungen mit den hier angeführten Methoden, kann man zusätzlich die Regel aufstellen, dass Störfestigkeitsmessungen erst dann durchgeführt werden sollen, wenn die Grenzwerte der Störaussendungsmessungen bereits eingehalten sind.

Eigene Labormessungen immer durch Messungen im EMV-Labor verifizieren

Eigene Labormessungen im Entwicklungslabor können zwar zur relativen Überprüfung von Konstruktionsverbesserungen durchaus einen Sinn haben, wenn die notwendige Ausrüstung vorhanden ist. Weil alle EMV-Messungen sehr heikel sind und das Ergebnis durch die Interpretation der Norm stark beeinflusst werden kann, sollten solche Ergebnisse nur als relative Vergleiche zwischen Konstruktionsvarianten, nicht aber als absolute Ergebnisse nach Norm interpretiert werden. Es ist zu empfehlen, solche Messungen auch bereits in der Entwicklungsphase durch absolute Messungen im professionellen EMV-Labor nachprüfen zu lassen.

Die Zukunft der EMV-Messmethoden

Heute besteht der Trend, alle EMV-Labors zu kleinen Profitcenters umzufunktionieren, die sich durch die verkauften Messungen erhalten müssen. Die Prioritäten eines EMV-Labors als Profitcenter sind dadurch in eine bestimmte Richtung gelenkt, und es ist in diesem Regime nicht mehr möglich, sich für die Aufgabe der Verbesserung der Messmethoden einzusetzen, weil niemand direkt Anlass hat, diese Tätigkeit zu «kaufen». Mit nichteffizienten Messmethoden kann man als Profitcenter genausogut oder sogar besser Geld verdienen als mit effizienten Messmethoden, solange der Kunde für die Marktzulasssung zu diesen Messungen verpflichtet ist. Die Kosten bezahlen dann die Industrie und der Konsument.

Es ist deshalb unbedingt notwendig, dass sich weiterhin erfahrene EMV-Spezialisten für die Verbesserung der Messmethoden einsetzen. Solche Verbesserungen entstehen aber nicht am Verhandlungstisch der Normengremien, sondern nur durch harte technisch-wissen-

Das «Naturgesetz der Normenentstehung»

Die Normen sind normalerweise sehr schwer verständlich und brauchen für die praktische Durchführung fast immer zusätzliche Interpretation. Warum dies so ist, kann mit dem «Naturgesetz der Normenentstehung» erklärt werden, das in die Reihe der Parkinsonschen Gesetze eingefügt werden könnte.

In den zuständigen Normengremien sind teilweise ganz gegensätzliche Interessen vertreten:

Eine Gruppe will möglichst strenge Normen.

Eine zweite Gruppe will möglichst billige Produkte, das heißt möglichst lockere Normen.

Eine dritte Gruppe will möglichst einfache Messungen.

Eine vierte Gruppe will möglichst genaue Messungen.

Eine fünfte Gruppe will eine bestimmte Meßmethode durchsetzen, damit die dafür gemachten Investitionen amortisiert werden können.

Eine sechste Gruppe will verhindern, daß überhaupt Normen entstehen.

Einerseits werden die Normengremien von den Politikern unter Erfolgsdruck gesetzt, so rasch als möglich einheitliche Normen zu erzeugen, so daß der freie Warenverkehr möglich wird. Anderseits sind die Mitglieder der Normengremien oft recht ausgeprägte Persönlichkeiten, die ihre Meinung nicht so rasch aufgeben.

Aus dieser Konstellation erklärt sich das Naturgesetz der Normenentstehung:

Ein Normentext wird erst dann von einer Mehrheit der Mitglieder akzeptiert, wenn er genügend diffus und unklar geschrieben ist, so daß jeder glaubt, seine Meinung sei darin enthalten oder könne wenigstens später hineininterpretiert werden.

schaftliche Arbeit im Zusammenhang mit praktischen Messungen im Labor, kombiniert mit permanentem Einsatz in den Normengremien. Diese Tätigkeit verursacht zwar heute Kosten. Wenn diese Arbeit heute geleistet wird, können in Zukunft die Prüfkosten noch sehr stark reduziert werden.

Zusammenfassung

Der Effizienz, Reproduzierbarkeit und Repräsentanz verpflichtet

Der heutige Zustand der EMV-Normierung (elektromagnetische Verträglichkeit) ist noch nicht befriedigend. Zwar wurden einige Verbesserungen erreicht oder sind in Arbeit. Trotzdem sind Investitionsaufwand und Messzeit für verschiedene offiziell gültige Normen noch unverhältnismässig hoch, und die Reproduzierbarkeit ist teilweise ungenügend. Die Grundnormen sollten also unbedingt weiter verbessert werden.

Résumé

Importance de normes CEM efficaces, reproductibles et représentatives

La normalisation actuelle en matière de CEM (compatibilité électromagnétique) ne donne pas encore satisfaction. Il est vrai qu'on y a apporté certaines améliorations, ou que celles-ci sont prévues. Malgré cela, les investissements et le temps de mesure afférents à diverses normes officielles sont encore beaucoup trop importants et la reproductibilité est parfois insuffisante. Il est donc très important de poursuivre l'amélioration des normes de base.

Riassunto

Obbligo di efficienza, riproducibilità e rappresentanza

Lo stato attuale della normazione per ciò che concerne la compatibilità elettromagnetica non è ancora soddisfacente. Alcuni miglioramenti sono stati apportati e altri se ne aggiungeranno prossimamente; tuttavia le spese d'investimento e il tempo di misura per diverse norme valide ufficialmente sono ancora troppo elevati e la riproducibilità è in parte insufficiente. E' pertanto necessario migliorare ulteriormente le norme di base.

Summary

Bound to Efficiency, Reproducibility and Fidelity

Todays status of the EMC (electromagnetic compatibility) standardization is not yet satisfactory. It is true that some improvements have been achieved or are being worked on. Nevertheless, investment on cost and measuring time for various officially approved standards are still unreasonably high and the reproducibility is in some cases not sufficient. Therefore, the basic standards should by all means be further improved upon.