

Aktuelle Entwicklungen bei den Störfestigkeitsnormen der Reihe IEC 61000

Dr. Bernd Jaekel, Siemens AG, Sector Industry, EMC-Center, Erlangen

1. Einleitung

Neben den vom „Technischen Komitee“ IEC CISPR erarbeiteten Normen bilden die IEC-Normen der Reihe IEC 61000 das Grundgerüst an Normungsdokumenten im Bereich der EMV. Die Reihe IEC 61000 besteht aus etwa 80 Publikationen und gliedert sich in 6 Unterreihen mit Publikationen zu den Themenbereichen: Allgemeines, elektromagnetische Umwelt, Verträglichkeitspegel und Grenzwerte, Störfestigkeitsprüfverfahren, Maßnahmen und Anforderungen. Die umfangreichste Unterreihe stellen die Störfestigkeitsprüfverfahren (IEC 61000-4-X) dar, mit denen der Einfluss elektromagnetischer Phänomene auf Betriebsmittel getestet und bewertet werden soll.

Da die elektromagnetische Umgebung, als Gesamtheit aller auftretenden Phänomene, in kontinuierlichem Wandel ist, müssen auch die diese Phänomene widerspiegelnden Störfestigkeitsprüfverfahren kontinuierlich an diesen Wandel angepasst werden, um sicherzustellen, dass die Prüfverfahren die aktuelle Realität reflektieren. Eine solche Anpassung erfolgt in den meisten Fällen durch regelmäßige Überprüfung der Normen und entsprechende Überarbeitung, wobei oftmals nicht nur Änderungen der elektromagnetischen Umwelt berücksichtigt werden, sondern auch Qualitätsaspekte bei der Anwendung der Prüfverfahren, wie beispielsweise bessere Reproduzierbarkeit von Prüfungen oder die Berücksichtigung der Messunsicherheit. Eine solche regelmäßige Überprüfung findet vor allem bei denjenigen Prüfverfahren und Normen statt, die für viele Produkte und Einsatzbereiche relevant sind; dies sind im Wesentlichen die Normen der Unterreihe IEC 61000-4.

Die Änderung der elektromagnetischen Umgebung bedeutet aber nicht nur eine kontinuierliche Anpassung der Prüfverfahren in den Normen, sondern oftmals auch die Erarbeitung neuer Prüfverfahren für elektromagnetische Phänomene, deren Auftreten durch den kontinuierlichen technologischen Wandel erst möglich gemacht wurde, beziehungsweise deren Berücksichtigung notwendig wird, da sie zunehmend häufiger auftreten. Aktuell sind hier drei Phänomene zu nennen, deren Implementierung in folgenden Projekten vorgesehen ist:

- IEC 61000-4-19: Störfestigkeit gegen symmetrische Störgrößen in Energieversorgungsnetzen im Frequenzbereich unterhalb von 150 kHz
- IEC 61000-4-31: Störfestigkeit gegen leitungsgebundene, breitbandige Störgrößen auf Netzleitungen
- IEC 61000-4-39: Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder im Nahbereich

Neben diesen drei neuen Normen zu Prüfverfahren werden gegenwärtig noch weitere Dokumente aus der Reihe IEC 61000 aktualisiert, auch hier im Hinblick auf neue Problemstellungen, beispielsweise die Thematik des Frequenzbereichs 2 kHz bis 150 kHz

oder die Thematik „Funktionale Sicherheit“ betreffend. Der Beitrag soll den gegenwärtigen Diskussionsstand all dieser Projekte behandeln.

2. Aufbau der Normenreihe IEC 61000

Die Normenreihe IEC 61000¹ besteht derzeit aus etwa 80 Dokumenten. Mit Ausnahme einiger weniger Normen werden sie von Arbeitsgruppen des technischen Komitees IEC TC 77 bearbeitet², d. h. neue Teile werden erarbeitet oder die bereits veröffentlichten Dokumente entsprechend der technischen Entwicklung aktualisiert. Die Struktur dieser Reihe ist in Bild 1 schematisch dargestellt.

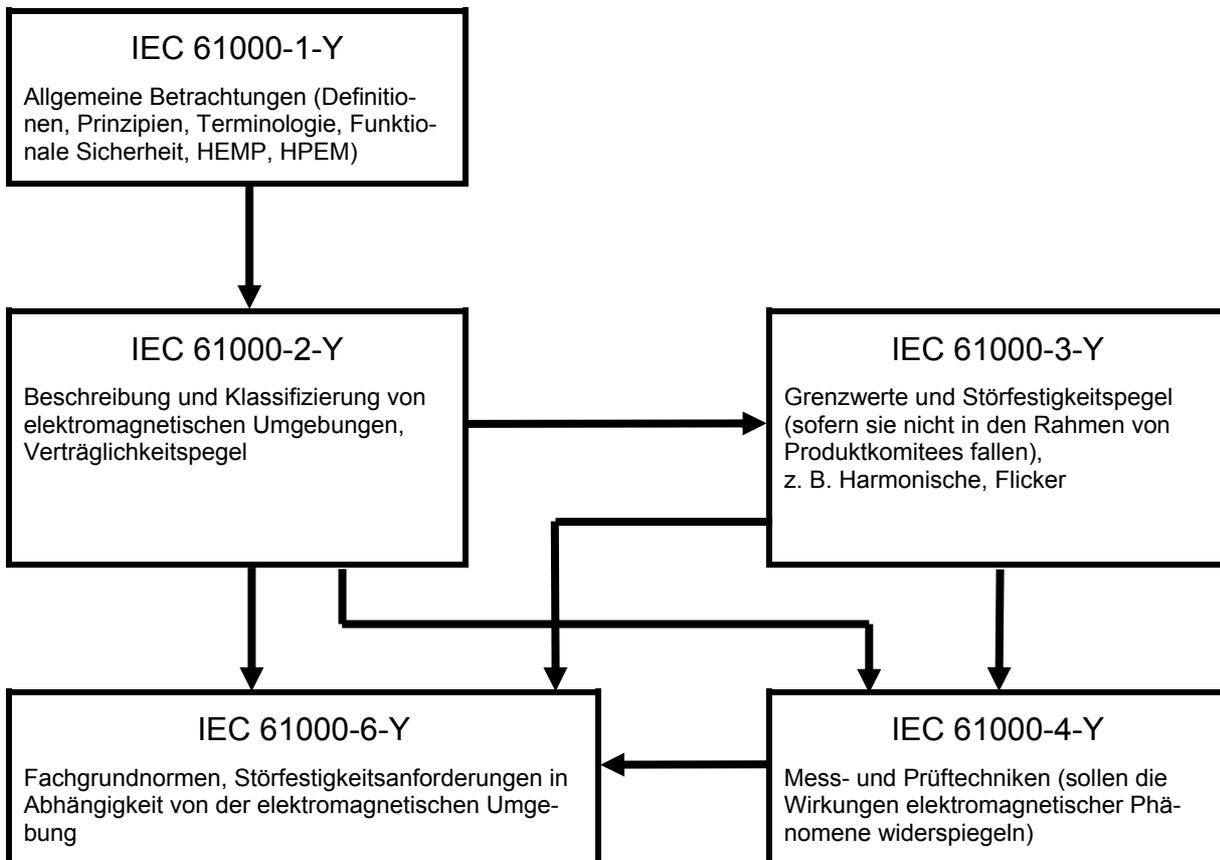


Bild 1: Aufbau der Normenreihe IEC 61000-X-Y

Die Teile IEC 61000-1-Y (derzeit sechs Publikationen) enthalten grundlegende Definitionen und Konzepte im Bereich der EMV. Darunter fallen auch die EMV-relevanten As-

¹ Die Normenreihe IEC 61000 besteht aus mehreren Teilen IEC 61000-X, die jeweils wieder untergliedert sind in IEC 61000-X-Y. Ein großer Teil der gesamten Reihe liegt auch als EN 61000-X-Y, beziehungsweise VDE 0839-X-Y vor. Allerdings werden in der Regel nur internationale Normen (IS) aus dieser Reihe übersetzt, die technischen Berichte (TR) sowie die technischen Spezifikationen (TS) nicht.

² Die beiden Fachgrundnormen IEC 61000-6-3 und IEC 61000-6-4 behandeln die Thematik der Störaussendung und fallen in den Verantwortungsbereich des Komitees IEC CISPR H.

pekte der funktionalen Sicherheit sowie Betrachtungen zur Thematik der Messunsicherheit.

Die Ergebnisse zur Beschreibung der elektromagnetischen Umwelt finden Berücksichtigung sowohl in der Reihe IEC 61000-4-Y (Grundnormen), in der die möglichen und auftretenden elektromagnetischen Phänomene mittels Prüfverfahren nachgebildet werden, als auch in der Reihe IEC 61000-6-Y (Fachgrundnormen), in der die für die jeweiligen Typen von elektromagnetischen Umgebungen zu berücksichtigenden Prüfpegel festgelegt werden.

Es sei angemerkt, dass es in der Reihe IEC 61000 noch Teile mit der Nummer IEC 61000-5-Y gibt; diese beschreiben im Wesentlichen EMV-Maßnahmen und Installationsanweisungen und haben lediglich informativen Charakter. Als Normungspublikationen besitzen sie den Status eines „Technischen Berichts“ (TR = Technical Report).

3. Beschreibung und Charakterisierung der elektromagnetischen Umgebung

Es existieren mittlerweile 14 Dokumente in der Unterreihe IEC 61000-2, die mehr oder weniger eine Beschreibung der elektromagnetischen Umgebung zum Gegenstand haben. Die meisten dieser Dokumente behandeln nur einen begrenzten Aspekt der elektromagnetischen Umwelt. Dies betrifft sowohl die Kategorie der berücksichtigten elektromagnetischen Phänomene als auch eine spezielle Klasse von elektromagnetischen Umgebungen (z. B. öffentliche Mittelspannungsnetze). Lediglich das Dokument IEC 61000-2-5 gibt einen Überblick über das komplette Spektrum elektromagnetischer Phänomene – mit Ausnahme des Phänomens HEMP³ – in unterschiedlichsten Typen von Umgebungen. Insofern bildet es den generellen Ausgangspunkt bei der Festlegung von umgebungsbezogenen Störfestigkeitspegeln [1].

Die einzelnen Dokumente der Reihe IEC 61000-2-Y wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten bearbeitet und veröffentlicht, abhängig vom jeweiligen Interesse der verantwortlichen Arbeitsgruppe sowie den jeweils zur Verfügung stehenden aktuellen Daten. Insofern kann es zu geringfügigen Unterschieden in den Daten der jeweiligen Dokumente kommen. Ein plausibler Grund für solche Unterschiede besteht auch darin, dass die elektromagnetische Umwelt keine konstante Größe ist. Sie verändert sich kontinuierlich aufgrund verschiedenster Tendenzen, beispielsweise der Einführung neuer Technologien oder der zunehmenden Verbreitung von als Störquellen wirkenden Betriebsmitteln.

Damit ergibt sich auch die Konsequenz, die Charakteristika einer elektromagnetischen Umgebung ständig zu verfolgen und ihre Beschreibung dem jeweils aktuellen Stand hinsichtlich des Einsatzes von neuen Technologien anzupassen. Eine solche Anpassung erfolgt derzeit in einigen Dokumenten dieser Unterreihe, wobei hier besonders die Überarbeitung der Projekte IEC 61000-2-2 und IEC 61000-2-12 zu nennen ist, da sie einen aktuell sehr wichtigen und sehr kontrovers diskutierten Frequenzbereich berücksichtigen, nämlich die Situation von 2 kHz bis 150 kHz auf Netzleitungen auf Grund des Einsatzes von Kommunikationseinrichtungen, die eine Signalübertragung auf Netzleitungen

³ High-altitude ElectroMagnetic Puls (s. Fußnote 6)

verwenden. Weitere Aktivitäten betreffen die Aktualisierung des Dokumentes IEC 61000-2-5 zur Berücksichtigung der jüngsten elektromagnetischen Störquellen, wie LTE oder weiterer drahtloser Kommunikationsdienste.

4. Grundnormen der Reihe IEC 61000-4

4.1 Projekte für neue Grundnormen

Die Notwendigkeit der Erarbeitung neuer Grundnormen in der Reihe IEC 61000-4-Y, d. h. neuer Testmethoden zur Prüfung der Störfestigkeit, stellt sich immer dann, wenn es die Wirkung von elektromagnetischen Phänomenen nachzubilden gilt, die in der Vergangenheit nicht berücksichtigt wurden. Das bedeutet nicht zwangsläufig, dass es sich um Phänomene handelt, die erst in der unmittelbaren Vergangenheit auftraten; oft waren sie schon vorher in Umgebungen und Installationen präsent, haben aber zu keinen Beeinflussungen geführt oder nur in einer relativ geringen Anzahl von Fällen. Aufgrund einer sich nunmehr abzeichnenden Notwendigkeit der Berücksichtigung weiterer Phänomene werden derzeit drei Projekte in Arbeitsgruppen von SC 77A (niederfrequente Phänomene) und SC 77B (hochfrequente Phänomene) bearbeitet⁴.

4.1.1 Projekt IEC 61000-4-19

Das diesem Projekt mit dem Titel „**Test for immunity to conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports**“ zugrunde liegende elektromagnetische Phänomen ist die Ausbreitung symmetrischer Störgrößen in Energieversorgungsnetzen im Frequenzbereich von 2 kHz bis 150 kHz. Solche Störgrößen werden unbeabsichtigt von leistungselektronischen Geräten erzeugt (beispielsweise bei deren Schaltfrequenzen und Vielfachen davon), aber auch beabsichtigt von Kommunikationseinrichtungen, die die Niederspannungsverkabelung für die Signalübertragung (z. B. PLC) verwenden. Solche Signale stellen zwar für angeschlossene Kommunikationseinrichtungen Nutzsignale dar, für alle anderen Geräte wirken sie aber als potenzielle Störgrößen. Das Projekt IEC 61000-4-19 definiert Prüfaufbauten und gibt Vorschläge für Prüfpegel, wobei sowohl die Störfestigkeit gegen Störspannungen als auch gegen Störströme getestet werden kann. Das Projekt liegt derzeit international als positiv gestimmter Entwurf (CDV: Committee Draft for Vote) [2] vor, es wird detaillierter in [3] beschrieben, eine endgültige Veröffentlichung ist für Juli 2014 vorgesehen.

4.1.2 Projekt IEC 61000-4-31

Das Projekt IEC 61000-4-31 „**AC mains ports broadband conducted disturbance immunity test**“ [4] stellt in gewissem Maße eine Ergänzung zu dem in 4.1.1 vorgestellten Projekt dar. Wie bei Letzterem ist auch hier das nachgebildete elektromagnetische Phänomen die Wirkung leitungsgeführter Störgrößen, verursacht durch hochfrequente

⁴ Da es sich bei diesen Projekten um derzeit in Bearbeitung befindliche Projekte handelt, deren Vorgaben und Inhalte noch nicht international in ihrer endgültigen Form verabschiedet sind, sind die aufgeführten Informationen als noch unverbindlich anzusehen.

Signalübertragung auf Netzleitungen. Allerdings werden hier der Frequenzbereich oberhalb von 150 kHz betrachtet und nicht Signale bei diskreten Frequenzen, sondern eine breitbandige Störgröße, mit der die diversen Modulationsverfahren der als Störquelle wirkenden Signalübertragungen simuliert werden sollen. Wie beim vorherigen Projekt erfolgt die Einkopplung der Störgröße symmetrisch, d. h. zwischen den Adern der Netzleitung, allerdings wird es sich in diesem Frequenzbereich aufgrund vorhandener Unsymmetrien im Prüfaufbau nicht vermeiden lassen, dass sich ein Teil der eingekoppelten, symmetrischen Störgröße auch asymmetrisch ausbreitet. Ein Vorschlag für die Einkopplung mittels Koppelnetzwerk im Rahmen einer solchen Störfestigkeitsprüfung ist in Bild 2 dargestellt.

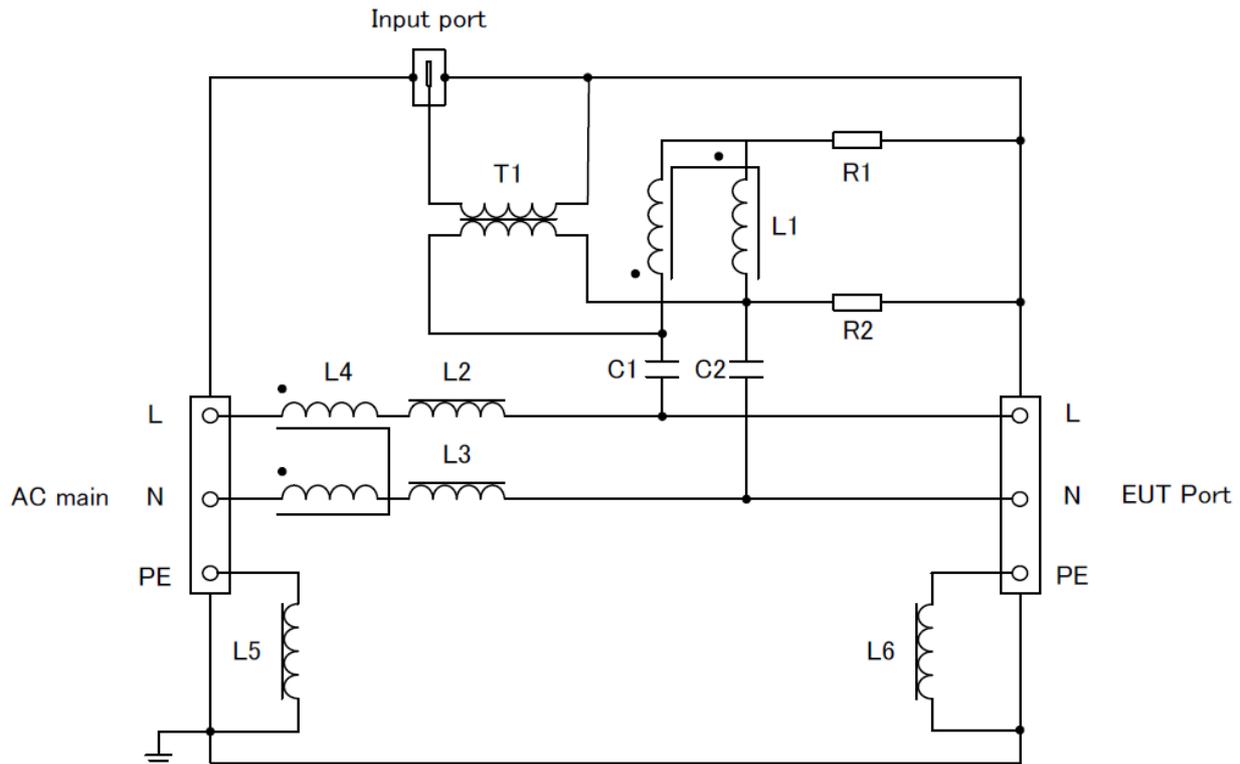


Bild 2: Einkopplung eines symmetrischen hochfrequenten Breitbandsignals auf eine Netzleitung

Zu diesem Projekt existiert derzeit lediglich der erste Arbeitsgruppenentwurf [4]. Der zugehörige Arbeitsplan sieht eine Fertigstellung dieses Projektes bis etwa Mitte 2015 vor.

4.1.3 Projekt IEC 61000-4-39

Das Projekt IEC 61000-4-39 "**Radiated fields in close proximity - immunity test**" ist das derzeit jüngste Projekt, dessen Bearbeitung durch [5] und die darauf folgende Abstimmung erst kürzlich begonnen werden konnte. Die betreffenden Störgrößen werden beispielsweise durch mobile Kommunikationsgeräte erzeugt. Im Gegensatz zum Prüfverfahren in IEC 61000-4-3, in dem die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder im Fernbereich geprüft wird, wird bei dem in IEC 61000-4-39 geplanten Verfahren die Situation betrachtet, dass sich ein Prüfling im unmittelbaren Nahbereich und damit in einem inhomogenen Feldbereich eines von einem mobilen Sender erzeugten Feldes befindet.

Im Rahmen dieses Projektes ist geplant, den Frequenzbereich von 9 kHz bis 6 GHz zu betrachten. Es sollen die Prüfpegel, Prüfgeräte und -aufbauten und Prüfverfahren erarbeitet werden. Sich bereits jetzt abzeichnende problematische Aspekte sind die Festlegung des Prüfverfahrens im Hinblick auf eine gute Reproduzierbarkeit als auch die Frage, welche Modulationsverfahren zu berücksichtigen sind.

4.2 Grundnormen in der Überarbeitung

Neben den neu zu erarbeitenden Grundnormen werden auch einige bereits veröffentlichte Grundnormen einer technischen Überarbeitung unterzogen, teilweise um die zunehmenden Anforderungen an die Reproduzierbarkeit von Prüfungen zu berücksichtigen, oder um neue Aspekte, wie beispielsweise die Messunsicherheit, zu behandeln. Unter den Grundnormen der Reihe IEC 61000-4 befinden sich derzeit zwei Projekte im Endstadium der Überarbeitung:

- IEC 61000-4-5, **Surge Immunity Test**; die neue, dritte Ausgabe ist zur Veröffentlichung in Mitte 2014 geplant; ein Abstimmungsentwurf (CDV) wurde international bereits positiv abgestimmt.
- IEC 61000-4-30, **Power quality measurement methods**; auch hier wird derzeit an der dritten Ausgabe gearbeitet, allerdings befindet sich das Dokument noch im Entwurfsstadium (CD); trotzdem ist auch hier eine Veröffentlichung in 2014 vorgesehen.

5. Fachgrundnormen der Reihe IEC 61000-6

Wie aus Bild 1 zu entnehmen ist, besitzt die Reihe IEC 61000 auch einen Teil, der eine Serie von Fachgrundnormen mit den Nummern IEC 61000-6-Y enthält, wobei derzeit sechs Teile veröffentlicht sind und ein siebter Teil international zur Abstimmung steht.

Während die Prüfnormen nach IEC 61000-4-Y lediglich Prüfverfahren, Prüfaufbauten und Vorschläge für Prüfpegel enthalten, ist es Zielstellung der Fachgrundnormen, detaillierte Anforderungen an Geräte zu stellen. Die Fachgrundnormen sind immer dann anwendbar, wenn es für bestimmte Produkte oder Produktfamilien keine eigenständigen Produkt-/Produktfamiliennormen gibt. Darüber hinaus haben sie nach IEC Guide 107 [6] eine Leitfunktion für alle Produktnormen, denn diese müssen die Anforderungen der Fachgrundnormen, d. h. die Prüfung der Störfestigkeit gegenüber den in den Fachgrundnormen aufgeführten Prüfverfahren mit Prüfpegeln, übernehmen, und falls davon abgewichen werden soll, dies technisch begründen. Sie unterscheiden sich von Produktnormen in ihrem Anwendungsbereich dahingehend, dass sie keine Anforderungen an bestimmte Produkte stellen, sondern ihre Anforderungen nach der betrachteten Einsatzumgebung definieren, d. h. unabhängig vom Typ eines Produktes muss dieses die Anforderungen einhalten, die für den Einsatz in der Umgebung spezifiziert sind⁵.

⁵ Der Widerspruch von möglicherweise unterschiedlichen Anforderungen in Produktnormen und Fachgrundnormen wird dadurch aufgelöst, dass bei Anwendung auf ein Produkt die Anforderungen in Produkt-, bzw. Produktfamiliennormen in der Regel Vorrang vor denen in Fachgrundnormen besitzen.

Von den sechs bereits veröffentlichten Fachgrundnormen befinden sich derzeit fünf in der Überarbeitung⁶; es ist geplant, in die nächsten Ausgaben neue Anforderungen und neue Messverfahren aufzunehmen. Im Einzelnen sind dabei folgende Erweiterungen bzw. Modifikationen vorgesehen:

Die beiden Fachgrundnormen **IEC 61000-6-1** und **IEC 61000-6-2** spezifizieren die Störfestigkeitsanforderungen für Geräte, die zum Einsatz im Haushalts- bzw. Industriebereich gedacht sind. Sie liegen derzeit in der 2. Ausgabe mit Stand 2005 vor. Eine Überarbeitung wurde vor Kurzem eingeleitet und es zeichnen sich bereits erste Vorschläge für Änderungen ab; diese betreffen beispielsweise eine mögliche Erweiterung des Frequenzbereichs für Prüfungen nach IEC 61000-4-3 bis 6 GHz, die Aufnahme von Prüfungen nach IEC 61000-4-34 (als Erweiterung des Umfangs von IEC 61000-4-11 für Geräte mit Eingangsstrom größer als 16 A), und die Aufnahme der in 4.1 beschriebenen Projekte. Das Arbeitsprogramm im Komitee TC 77, in dem diese Fachgrundnormen bearbeitet werden, sieht eine Veröffentlichung der nächsten Ausgabe gegen Ende 2016 vor.

Die beiden Fachgrundnormen **IEC 61000-6-3** und **IEC 61000-6-4** fallen aus der Thematik der Störfestigkeit heraus, denn sie spezifizieren Anforderungen an die Aussendung von Geräten. Teil 6-3 definiert Anforderungen für Geräte im Haushalts-, Teil 6-4 für Geräte im Industriebereich. Das für sie zuständige Komitee innerhalb der IEC ist CISPR H. Der gegenwärtige Stand der Überarbeitung ist in [7, 8] beschrieben. Als wesentliche Vorschläge sind hier zu nennen: die Aufnahme von zwei Grenzwertklassen in die Fachgrundnorm für den Haushaltsbereich, sowie mögliche Prüfungen für Standgeräte in einer Messeinrichtung FAR (= Fully Anechoic Room), allerdings mit dem Ansatz unterschiedlicher Grenzwerte für die horizontale und vertikale Polarisierung.

Die Fachgrundnorm IEC 61000-6-5 wurde in ihrer ersten Ausgabe in 2001 als „Technische Spezifikation“ (TS) veröffentlicht; diese Dokumentenart (anstelle eines „Internationalen Standards“ (IS)) wird dann gewählt, wenn sich entweder keine ausreichende Mehrheit von „Nationalen Komitees“ für die Unterstützung einer Norm findet, oder wenn die betreffende Thematik noch nicht vollständig „ausgereift“ ist und sich eine Veröffentlichung als Norm erst für die Zukunft auftut. Kürzlich haben sich die nationalen Komitees aber überwiegend dafür ausgesprochen, dieses Dokument nach einer Überarbeitung in den Status eines internationalen Standards zu überführen. Diese Überarbeitung erfolgt derzeit und der bereits zweite Arbeitsgruppenentwurf [9] steht aktuell zur Kommentierung an. Schwerpunkte der Überarbeitung sind die getrennte Behandlung von Umgebungen in Schaltanlagen und Kraftwerken sowie eine detaillierte Behandlung der diversen Typen von Signalschnittstellen in beiden Umgebungen.

Das Projekt **IEC 61000-6-7** soll zu der ersten Fachgrundnorm führen, die sich mit dem Themenkomplex „EMV und funktionale Sicherheit“ beschäftigt, d. h. diese Norm soll Anforderungen an solche Geräte definieren, die in sicherheitsbezogenen Systemen eingesetzt werden; hierbei wird ein Einsatz solcher Geräte im Industriebereich betrachtet. Die Fachgrundnorm unterscheidet sich von den „klassischen“ Störfestigkeitsfachgrundnormen durch die Einführung eines speziellen Bewertungskriteriums DS, das die mögliche Reaktion von Prüflingen auf den Einfluss elektromagnetischer Störgrößen beschreibt. Im

⁶ Die Fachgrundnorm IEC 61000-6-6 befasst sich mit einer ganz speziellen elektromagnetischen Umgebung, und zwar derjenigen, wie sie im Falle eines HEMP (High-altitude ElectroMagnetic Puls) vorherrscht. Sie wird hier nicht weiter betrachtet.

Vergleich zu der Fachgrundnorm IEC 61000-6-2, die sich mit ‚normalen‘ EMV-Anforderungen befasst, sind im Projekt IEC 61000-6-7 sowohl eine größere Anzahl von Störfestigkeitsprüfungen als auch teilweise modifizierte Prüfpegel gefordert. Das Projekt IEC 61000-6-7 befindet sich derzeit im internationalen Abstimmungsprozess [10].

Literatur

- [1] B. Jaekel, *Beschreibung und Klassifizierung von elektromagnetischen Umgebungen – Stand und Ausblick zu IEC 61000-2-5*, Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit, EMV 2008 Düsseldorf, K.-H. Gonschorek (Hrsg.), VDE Verlag, Berlin, S. 57–64
- [2] 77A/815/CDV, IEC 61000-4-19: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-19: Testing and measurement techniques – Test for immunity to conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports*, Genf, 2013
- [3] R. Heinrich, J. Kirchhof und B. Jaekel, *Messverfahren und Grenzwerte für Störfestigkeitsprüfungen im Frequenzbereich 2 kHz bis 150 kHz*, EMV 2014
- [4] 77B/688/CD, IEC 61000-4-31: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-31: Testing and measurement techniques – AC mains ports broadband conducted disturbance immunity test*, Genf, 2013
- [5] 77B/678/NP, IEC 61000-4-XX: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-XX - Testing and measurement techniques – radiated fields in close proximity - immunity test*, Genf, 2012
- [6] IEC Guide 107, *Electromagnetic compatibility – Guide to the drafting of electromagnetic compatibility publications*, Genf, 2009
- [7] CISPR H/260/CD, Amendment 2 to IEC 61000-6-3: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*, Genf, 2013
- [8] CISPR H/259/CD, Amendment 2 to IEC 61000-6-4: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*, Genf, 2013
- [9] 77/440/CD, IEC 61000-6-5: *ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) - Part 6-5: Generic standards - Immunity for power station and substation environments*, Genf, 2013
- [10] 77/450/CDV: IEC 61000-6-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-19: Testing and measurement techniques – Part 6-7: Generic standards – Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial locations*, Genf, 2013