

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten



Dr. Heinz Zenkner, Adrian Stirn

01. EINFÜHRUNG

Die folgende Application Note zeigt die EMV-Prüfungen für zivil genutzte Geräte und die Besonderheiten bei der Durchführung der verschiedenen Prüfungen. Es soll beim Leser ein Gefühl für eine effektive Herangehensweise an EMV-Prüfungen geschaffen werden und einen Überblick über die Prüfungen gegeben werden. Die Besonderheiten bei der Definition von Schnittstellen, sowie daran angeschlossenen Kabel und Leitungen und die daraus resultierende Bedeutung für die Prüfungen werden aufgezeigt.

Die Prüfungen werden anhand eines Notebooks mit definierten Schnittstellen durchgeführt. Prüfaufbauten und Besonderheiten bei der Durchführung der Prüfungen werden erläutert.

02. PRÜFUNGEN

Die zuvor in der Appnote [ANP105](#) vorgestellten Prüfungen der Produktnorm werden an einem beispielhaften Produktaufbau gezeigt. Als Prüfling dient ein Notebook aus dem Firmenbestand. Um diesen technischen Bericht / Artikel übersichtlicher zu gestalten, wurde nur eine Auswahl von Schnittstellen des Notebooks betrachtet.

2.1 Beschreibung des Prüflings

Als Prüfling wird ein Business-Notebook verwendet. Die folgenden Schnittstellen des Gerätes werden für diesen Artikel ausgewählt.

- DC-Eingang, Versorgt mit einem mitgelieferten AC-Netzteil. DC-Leitung kürzer als 3 m
- USB-Schnittstelle mit einer Länge kürzer als 3 m
- Ethernet-Schnittstelle
- Gehäuseschnittstelle

Die Funkschnittstellen werden als dauerhaft deaktiviert angesehen, sodass das Gerät nicht unter die RED (Radio Equipment Directive) fällt.

Die Schnittstellen sind speziell für die im weiteren aufgeführten Prüfungen definiert worden und entsprechen nicht der Hersteller Definition. Allerdings ist diese elementare Definition relevant für die durchzuführenden Prüfungen.

Werden Leitungslängen von Schnittstellen beschränkt, so ist dies im Gerätehandbuch und Datenblatt anzugeben, sodass der Anwender über Beschränkungen bei der Benutzung des Geräts informiert ist.

Das Notebook hat mehrere Betriebszustände die bei den Prüfungen betrachtet werden können. Hierzu gehören beispielsweise:

- Netzbetrieb mit Ladevorgang
- Netzbetrieb
- Akkubetrieb
- Verschiedene Taktraten und Leistungen der Rechenleistung, teilweise in Windows einstellbar
- Verschiedene Bildschirmhelligkeiten
- Geschwindigkeit der Ethernet Schnittstelle
- Verschiedene Bildschirmauflösungen

Ein Ausschnitt der normativen Betriebsanforderungen für das Display des Prüflings, die in der CISPR32 angegeben sind, zeigt Tabelle 1.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

Parameter	Einstellungsvorgaben
Hardwarebeschleunigung	Maximum
Bildschirmeinstellungen	Höchste effektive Auflösung (einschließlich möglicher Einstellungen für Pixel und Bildwiederholrate)
Farbqualität	Höchste Farbtiefe
Helligkeit, Kontrast, Farbsättigung	Werkseinstellung oder typische Einstellung Use either the factory default settings or typical settings
Sonstiges	Einstellungen für die höchste Performance um ein optimales typisches Bild zu erreichen

Tabelle 1: Ausschnitt aus den normativen Angaben für den Betriebszustand eines Displays (Quelle: CIPSR32)

Durch die Definition der Konfiguration des Prüflings ergibt sich ein Aufbau mit den folgenden Schnittstellen / Ports:

- **USB-Schnittstelle** < 3m: „Signal- /Steueranschluss“: Anschluss des Prüflings mit lokalen Geräten wie beispielsweise RS-232, USB, HDMI. Diese lokalen Geräte werden bei EMV-Prüfungen als Hilfsgerät oder Zusatz/Hilfseinrichtung bezeichnet. (Vgl.: DIN EN 55032:2016-02 Definition 3.1.30)
- **Ethernet**: „Anschluss für leitungsgebundene Netze“ sind weit verteilte Netze zur Sprach-, Daten- und Signalkommunikation, wie beispielsweise DSL, LAN, CATV. (Vgl.: DIN EN 55032:2016-02 Definition 3.1.32)
- **DC-Eingang**: Beim Notebook DC-Eingang handelt es sich aus EMV-Sicht nicht um einen Anschluss an einem Gleichstrom-Netzanschluss oder einen Anschluss an ein Gleichstromversorgungsnetz. Vielmehr erfüllt der Anschluss die Definition des Wechselstromnetzanschlusses (Vgl.: DIN EN 55032:2016-02 Definition 3.1.1 ANMERKUNG 1 zum Begriff: „Geräte bzw. Einrichtungen mit einem Gleichstrom-Netzanschluss, die durch einen Wechselstrom-/Gleichstrom-Leistungsumrichter versorgt werden, werden als Geräte bzw. Einrichtungen angesehen, die durch einen Wechselstrom-Netzanschluss versorgt werden.“)

Hinweis zum Gleichstrom Netzanschluss:

Als Gleichstromnetzanschluss versteht man einen Anschluss am Produkt, der an ein lokales Gleichstromnetz angeschlossen werden kann und nicht an ein übliches lokales Netzteil. Ein lokales Gleichstromnetz hat mehrere Anschlusspunkte für Verbraucher innerhalb eines Gebäudes. Dies könnte beispielsweise im Wohnhaus ein zusätzliches Netz einer Solaranlage mit Pufferspeicher sein, auf das von diversen Räumen zugegriffen werden kann.

USB-Kabel:

Besonders bei Konfigurationen von Multimediageräten lohnt es sich, die verwendeten Kabel genauer zu betrachten. Durch die gravierenden Unterschiede in der Qualität der Schirmung und der Schirmanbindung können die Ergebnisse der Prüfungen große Abweichungen ergeben. Die folgenden Beispiele sollen dies verdeutlichen: Es befindet sich eine Vielzahl verschiedener USB Kabeln im Umlauf, die Geräten beigelegt, oder auch als Kabel einzeln verkauft werden. So vielfältig wie die USB-Kabel sind, ist auch die Qualität der Schirmung und der Schirmanbindung. Wird am Gerät ein Kabel mit schlechter Schirmung angeschlossen, kann die Störaussendung über das Kabel stark ansteigen, ebenso kann die Störfestigkeit, d.h. die Sensibilität gegen elektromagnetische Umgebungsstörungen deutlich reduziert werden. Die Empfehlung ist, verschiedene Kabel vor dem Besuch im EMV-Prüflabor zu zerlegen und ein für das Produkt geeignetes Kabel für die Prüfungen auszuwählen. Es versteht sich von selbst, dass diese Kabeltype später auch dem Produkt beigelegt werden muss. Weiterhin muss beachtet werden, dass der Endkunde ggf. ein hochwertiges Kabel durch ein schlecht geschirmtes ersetzt und das zu EMV-Problemen im Feld führen kann. Deshalb sollte im Manual des Produktes auf die erforderliche Schirmqualität der Kabel hingewiesen werden. Abbildung 1 zeigt einen USB-Kabelschirm, der nicht vollflächig, d.h. rundum kontaktierend aufgelegt wurde und nur mit einem „Pig-Tail“ verbunden ist. Zwischenzeitlich ist dieser Umstand auch bei den Marktaufsichtsbehörden bekannt und die deutsche Bundesnetzagentur hat zusammen mit Agentchap Telecom (NL), BAKOM (CH) und ELSÄKERHETSVERKE (SE) eine Fallstudie zur Qualität geschirmter Kabel veröffentlicht „STUDY ON READY-MADE CONNECTING DEVICES (RMCD)“ (<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/46433/attachments/1/translations/en/renditions/native>), die diese Thematik beschreibt.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten



Abbildung 1: USB-Kabel mit nicht vollflächig geschlossenem Schirm. Der Schlitz zwischen dem äußeren Kupferklebeband und dem inneren Schirmgeflecht (linkes Bild) unterbricht den Schirm

Ethernet/LAN-Anschluss:

Im industriellen und professionellen Umfeld werden meist geschirmte Leitungen eingesetzt. Anders verhält sich dies in der Praxis bei Anwendungen im Consumer-Bereich. Oftmals haben Router der großen Telekommunikationsunternehmen oder IP-Telefone ungeschirmte Ethernet Buchsen d.h. Buchsen, die nicht einmal einen Schirmanschluss ermöglichen. Teilweise werden die Geräte aber auch in der Anwendung gemischt, sodass ein Gerät mit geschirmter Buchse (beispielsweise am Desktop PC) mit ungeschirmtem Ethernet Kabel betrieben wird. Diese Gegebenheit sollte bei den EMV-Prüfungen berücksichtigt werden, d.h. diese Art der Kabelkonfiguration sollte sowohl bei den Messungen der Störemission als auch bei den Prüfungen der Störfestigkeit berücksichtigt werden.

2.2 Störaussendungsprüfung nach CISPR 32

Bei der EMV-Betrachtung von Multimediageräten wird die Störaussendung nach der CISPR 32 gemessen. Die CISPR 32 unterscheidet zwischen Geräte für den Wohnbereich (Klasse B) und im industriellen Umfeld (Klasse A).

Der Prüfling wird mit den Peripheriegeräten zur typischen Verwendung konfiguriert und aufgebaut. Hierbei wird die Anordnung der höchsten Störaussendung ermittelt, ggf. auch durch Vormessungen. Zur Ermittlung und Bewertung der Störaussendung sollte die typische Betriebsart mit höchster Störaussendung gewählt werden. Durch verschieben, bzw. verändern der Kabelanordnung und Drehen des Prüflings ist die maximale Störemission über den Messfrequenzbereich zu ermitteln. Anhang B der CISPR 32 gibt den Schnittstellenbetrieb zur Störaussendungsmessung vor, in Anhang D wird der Messaufbau beschrieben.

2.2.1 Leitunggeführte Störaussendung

Der Aufbau der leitunggeführten Störaussendungsprüfung erfolgt nach den Vorgaben der CISPR 32:2016 Bild D.2 (Abbildung 2)

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

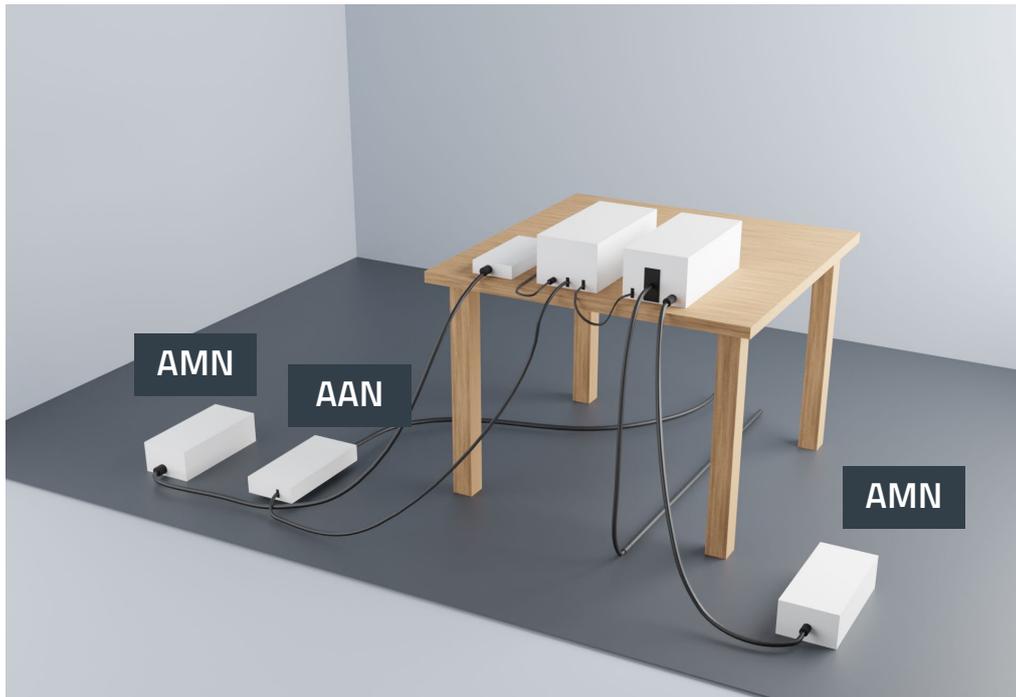


Abbildung 2: Bild D.2 in CISPR 32:2016 zeigt den schematischen Aufbau der leitungsgeführten Störaussendungsprüfung

Die nicht an einen Messempfänger angeschlossenen Messports der Netznachbildungen (AANs und AMNs in Abbildung 2) müssen mit 50Ω abgeschlossen werden. Aus Anhang A der CISPR 32 ergibt sich, dass die leitungsgeführten Störungen der Ethernetschnittstelle (Tabelle A.12 in CISPR 32:2016 für Geräte Klasse B) und des Notebooknetzteils (Tabelle A.10 in CISPR 32:2016 für Geräte Klasse B) gemessen werden müssen.

Als Peripheriegerät am USB-Port wird eine USB-Webcam genutzt. Der Prüfaufbau aus Abbildung 2 wird, wie in Abbildung 3 gezeigt, im Schirmraum auf einem 80 cm hohen Holzstuhl aufgebaut.



Abbildung 3: Aufbau der leitungsgeführten Störaussendungsprüfung des Prüflings. Verwendung eines geschirmten Ethernetkabels

Aus Abbildung 3 geht hervor, dass die Ethernetschnittstelle und der 230 V_{AC} Netzanschluss mit Netznachbildungen abgeschlossen sind. Der USB-Anschluss wird mittels „lokalem Hilfsgerät“ bedient und braucht deshalb nicht entkoppelt zu werden. Es ergeben sich die folgenden Betriebsarten zur Messung der leitungsgeführten Störaussendung:

- Störaussendung Netzseitig bei Verwendung eines geschirmten Ethernetkabels
- Störaussendung Netzseitig bei Verwendung eines ungeschirmten Ethernetkabels
- Störaussendung auf dem Ethernetkabelschirm
- Störaussendung auf dem ungeschirmten Ethernetkabel
- Optional: Störaussendung Netzseitig, bei Erdung des Ethernetkabelschirmes

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

Die optionale Messung des unmittelbar an die Bezugsmasse geerdeten Kabelschirms entspricht einer Anwendung in kurzen Entfernungen zu einem geerdeten Industrie-Switch. Man spricht hier von einem „hart“ geerdetem Schirm. Die Common Mode Impedanz fällt dadurch von 150 Ω (Impedanz AAN) auf die Impedanz des Schirms. In manchen Konfigurationen kann dies zu einer deutlichen Erhöhung der leitungsgeführten Störaussendung führen, wie folgendes Beispiel erläutert:

Als Prüfling soll ein Gerät mit medizinischer Anwendung und somit isoliertem Netzteil angenommen werden. Das Gerät hat einen Ethernetanschluss der verwendet wird, wenn das Gerät nicht in Patientennähe (> 1,5m) ist, um Daten auszuwerten. Hierzu wird das Gerät in der Nähe des geerdeten Switches an eine geschirmte Ethernetbuchse angeschlossen. Das Gerät ist somit über die kurze Ethernetleitung direkt geerdet. Im EMV-Labor wird der Kabelschirm für die Messung auf die Referenzmasse des Prüfaufbaus gelegt. Durch diesen Aufbau steigt durch die Reduzierung der Common-Mode-Loop-Impedanz der Wert der Störspannung deutlich an. Der Zusammenhang ist in Abbildung 4 verdeutlicht.

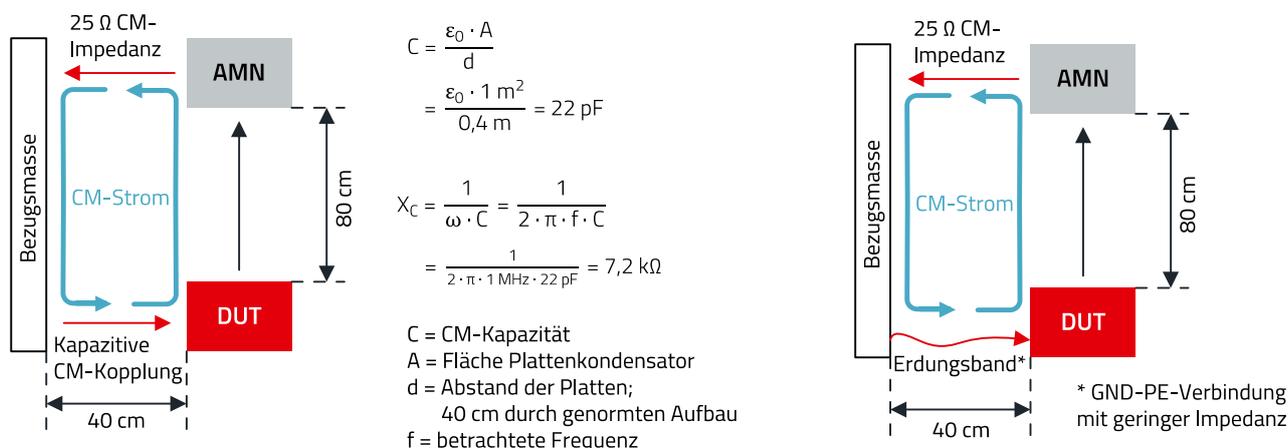


Abbildung 4: Verhalten Common Mode Loop, wenn ein Kabelschirm im Prüfaufbau hart geerdet wird

Wird, im rechten Bild in Abbildung 4 an Stelle der Kopplung durch die Streukapazität eine Netznachbildung (AAN) verwendet, so reduziert sich der beispielhaft berechnete Impedanzwert von 7,5 kΩ auf 150 Ω und der Common-Mode-Strom in der Schleife fließt über deutlich geringere Impedanzen. Durch eine direkte Erdung des Leitungsschirms reduziert sich diese Impedanz noch weiter. Bei Prüfungen von Anwendungsbeispielen im EMV-Labor wurden beim Kurzschluss des Schirms in extremen Fällen bis zu 40 dB Erhöhung im Störpegel beobachtet. Die 25 Ω Common Mode Impedanz ergibt sich aus den parallel geschalteten 50 Ω Impedanzen der Messpfade von Phase und Neutraleiter in der Netznachbildung.

Die Messung des Prüflings zur Ermittlung der leitungsgeführten Störaussendung erfolgte nach Abbildung 3 und unter folgenden Betriebsbedingungen:

- Funkschnittstellen deaktiviert
- USB Webcam zeigt Bild
- Ethernet angeschlossen ans Firmennetz, abspielen eines Onlinevideos
- Notebook in maximaler Leistung (Windows Beschränkung der Leistung aus Energiegründen auf maximale Leistung gestellt)
- Bildschirm hellste Stufe
- Netzbetrieb
- Keine weiteren zusätzlichen Auslastungen.

Hinweis: Normalerweise sollte vor der Prüfung der Betrieb der maximalen Störaussendung ermittelt werden. Da die hier gezeigten Messungen zur Anschauung dienen, wird dieser Punkt nicht berücksichtigt und ein einfach zu erreichender Betriebszustand genutzt.

Im Folgenden (Abbildung 5) werden die Ergebnisse der Prüfung gezeigt. Die Netznachbildung misst Common Mode und Differential Mode Störspannungen gegen die Referenzplatte, deshalb müssen alle Leiter des Netzkabels geprüft werden. Da sich im durchgeführten Versuch die Störspektren nicht unterscheiden, wird für eine bessere Übersicht nur das Störspektrum der Phase in Abbildung 5 gezeigt.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

Der Einsatz eines geschirmten oder ungeschirmten Ethernetkabels hat die Ergebnisse der Prüfung nicht beeinflusst. Es werden daher nur die Ergebnisse der leitungsgeführten Störaussendungsprüfung am Niederspannungsnetz (230 V) mit geschirmtem Ethernetkabel gezeigt. Die Ergebnisse der leitungsgeführten Störspannung auf dem Kabelschirm sind in Abbildung 6 dargestellt.

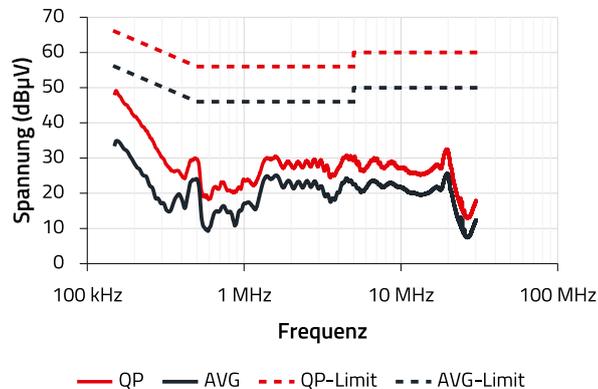


Abbildung 5: Messergebnis der leitungsgeführten Störaussendungsprüfung am Anschluss zum Niederspannungsnetz

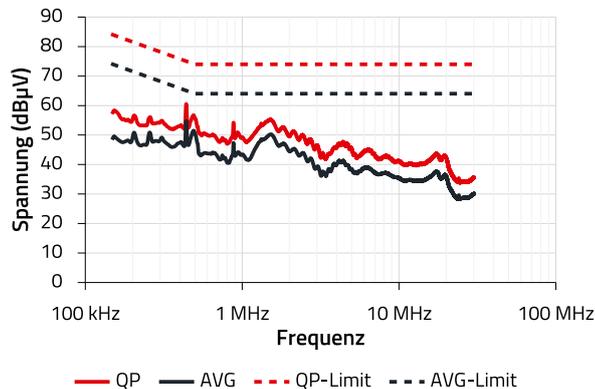


Abbildung 6: Messung der Störspannung nach der AAN-Methode auf dem Kabelschirm des Ethernetkabels

2.2.2 Gestrahlte Störaussendung

Der Aufbau der gestrahlten Störemission erfolgt nach CISPR 32:2016 Bild D.11 in einer Vollabsorberröhre.

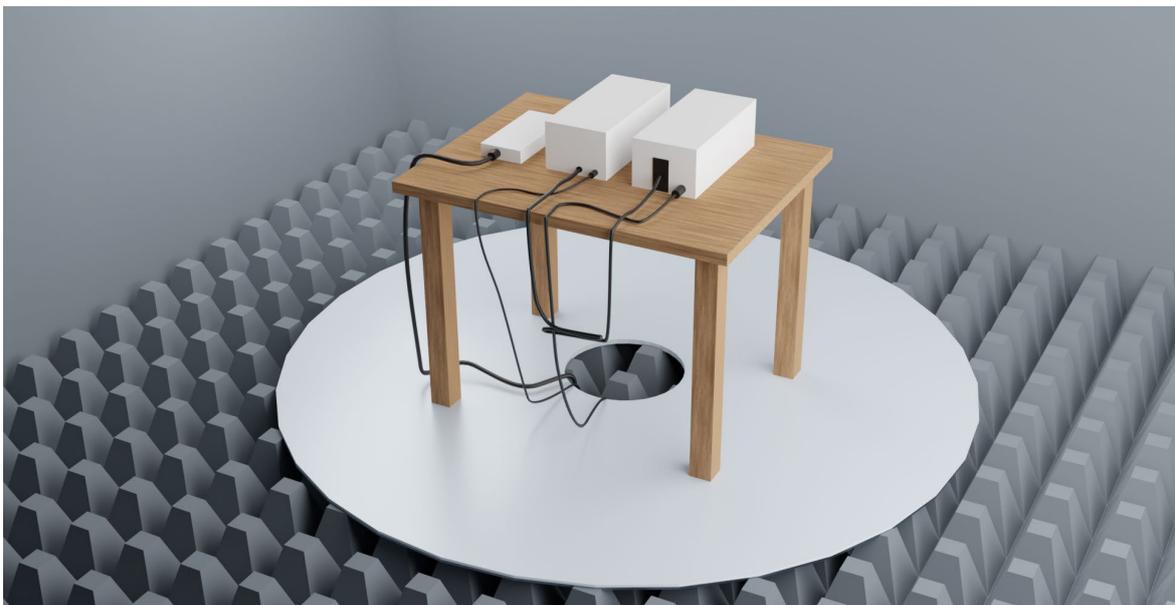


Abbildung 7: Bild D.11 der DIN EN 55032:2016 zeigt den schematischen Aufbau der gestrahlten Störaussendungsprüfung in einem Vollabsorberraum

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

Zur Prüfung der gestrahlten Störaussendung stehen nach Tabelle A.1 verschiedene Verfahren zur Verfügung. Für Tischgeräte kann die Prüfung in einem Vollabsorberraum durchgeführt werden. Bei dieser Prüfmethode entfällt der Höhenscan, die am Prüfling angeschlossenen Kabel müssen jedoch jeweils 0,8 m horizontal und 0,8 m vertikal verlegt werden (siehe Abbildung 7). Die Prüfung im Vollabsorberraum ist durch das Entfallen des Höhenscans schneller und die Messhallen haben eine geringere Größe. Abbildung 8 zeigt den Prüfaufbau zur Messung der gestrahlten Emission in einem Vollabsorberraum.



Abbildung 8: Aufbau der gestrahlten Störaussendungsprüfung des Prüflings. Verwendung eines geschirmten Ethernetkabels

In Abbildung 8 ist die Schwierigkeit zu erkennen, in kleinen Messräumen komplexere Aufbauten zu platzieren. Durch die geringe Breite des Absorberraums weicht der Aufbau etwas von Abbildung 7 ab, denn die horizontale Leitung muss hinter dem Prüfling entlang geführt werden. Die Ethernetkabel verlassen die Absorberkammer durch eine mit Kupferspänen gefüllte Schütte, in der der Kabelschirm geerdet wird. Trotz dieser Schirmerdung werden teilweise Störungen von außen über dieses Kabel in den Absorberraum gekoppelt. Außerdem wird auch die Störung der Hilfsgeräte, in diesem Fall der Webcam, mitgemessen. Aus diesen Gründen ist es bei Aufbauten mit Hilfsequipment und nach draußen durchgeschleiften Schnittstellen wichtig, bei grenzwertigen Ergebnissen zuerst Kopplungen durch das Hilfsequipment und durch externe Leitungen auszuschließen. Des Weiteren hat auch die Qualität der geschirmten Leitungen, d.h. die Schirmdämpfung der im Messaufbau benutzten geschirmten Kabel einen großen Einfluss auf das Messergebnis.

In der Prüfung zur gestrahlten Störemission wird die Emission des gesamten Aufbaus von Prüfling, Leitungen und Hilfsgeräten in Richtung der Empfangsantenne gemessen. Um die höchste Störaussendung zu ermitteln, muss der Prüfling von allen Seiten gemessen werden. Hierzu wird der Prüfaufbau auf einem Drehteller aufgebaut. Der Drehteller wird automatisiert in Abstimmung mit Messempfänger und Auswertesoftware gedreht. Weiterhin muss sowohl die vertikale, als auch die horizontale Polarisation der Emission gemessen werden. Die Mess-Software analysiert die Ergebnisse und im Messdiagramm wird dann jeweils die höchste Störaussendung in Abhängigkeit von Frequenz, Drehteller-Winkel und Polarisation dargestellt. Da der Prüfaufbau aus Abbildung 8 zu Demonstrationszwecken für diesen Artikel durchgeführt wurde, stammen die im Folgenden gezeigten Ergebnisse nur von einer Seite des Prüflings.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

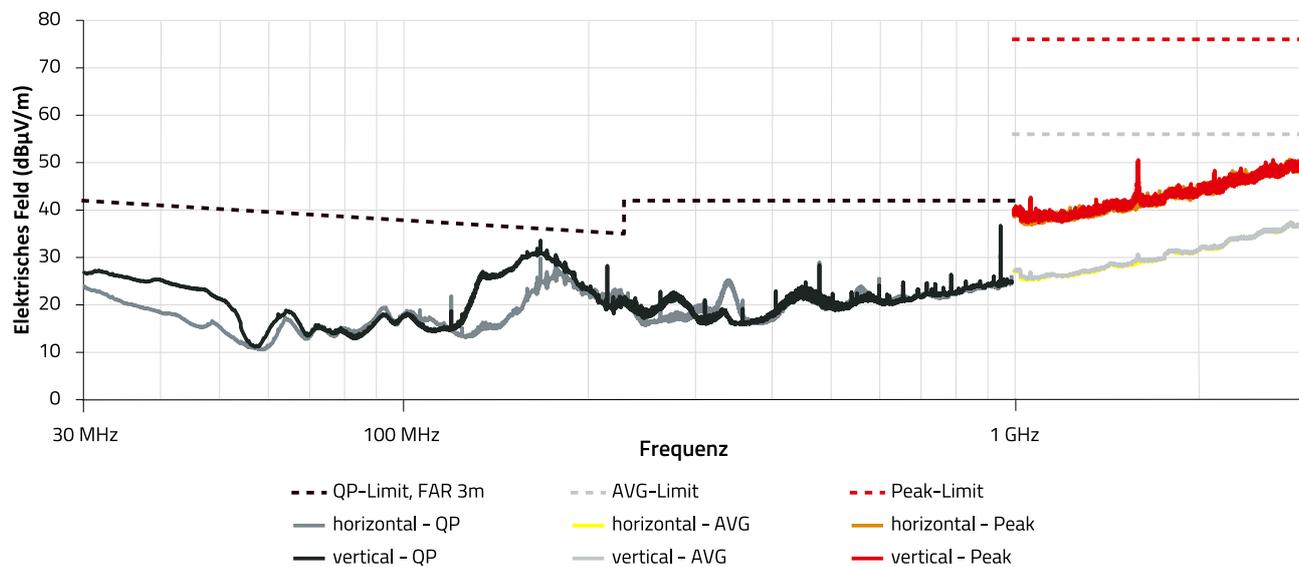


Abbildung 9: Gestrahlte Störaussendungsprüfung des Prüfaufbaus aus Abbildung 8

2.3 Störfestigkeitsprüfung

Die Störfestigkeitsprüfungen werden für das Notebook nach der DIN EN 55035:2017/A11:2020 durchgeführt. Der informative Anhang J der Norm gibt Hinweise zur Ermittlung der normativen Anforderungen von Geräten anhand einiger Beispiele. Auch ein Notebook-Rechner ist hier in Kapitel J.3.4 aufgeführt, die Prüfpegel sind in Kapitel 5 aufgeführt.

Die in der Norm vorgegebenen Prüfpegel liegen teilweise unter den Anforderungen der Fachgrundnorm der Störfestigkeit für den Wohnbereich. Außerdem sollte für die Prüfung überlegt werden, ob die Störfestigkeit für den Industriebereich erreicht werden kann um ggf. das Gerät auch universell einsetzen zu können.

Die im folgenden durchgeführten Störfestigkeitsprüfungen wurden nur mit Prüfpegeln durchgeführt, bei denen eine Beschädigung des Prüflings mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden konnte. Störungen wurden bei unkritischen Prüfungen teilweise provoziert, um eine beispielhafte Reaktion zu zeigen.

Um die Reaktion von Geräten zu bewerten, wurden Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten von A bis C eines Prüflings geschaffen. Diese Bewertungskriterien beschreiben die maximal erlaubte Abweichung des Betriebsverhaltens des Prüflings während der Störfestigkeitsprüfung. Die in der Fachgrundnorm beschriebenen Bewertungskriterien sind allgemein gehalten, da die Fachgrundnorm für alle Produktkategorien ohne Produktnorm genutzt werden kann. Der Hersteller muss sein Produkt und dessen Betriebsverhalten beschreiben und die für den Betriebszustand des Gerätes übliche, oder minimale Betriebsqualität im Normalbetrieb definieren. Wird diese Definition nicht vorgenommen, so ist diese minimale Betriebsqualität aus den Produktunterlagen abzuleiten. Beispielsweise wäre beim Netzteil des Notebooks eine Eigenschaft für das Bewertungskriterium die Ausgangsspannung, welche in den vorgegebenen Toleranzen liegen muss. Wird der Prüfling während einer Prüfung unsicher, d.h. tritt ein Gefahrenpotenzial auf, oder wird der Prüfling beschädigt, so gilt die Störfestigkeitsprüfung als nicht bestanden. Dies könnte beim Netzteil der Fall sein, wenn die Ausgangsspannung über den oberen Toleranzwert steigt, d.h. angeschlossene Geräte zerstört werden oder der Benutzer verletzt wird, oder das Front-End durch einen Überspannungspuls (Surge) zerstört wird.

Bewertungskriterium A beschreibt die minimale, bestimmungsgemäße Betriebsqualität eines Prüflings im Normalbetrieb. Bei kontinuierlich auftretenden Störungen wie sie z.B. durch Sendeeinrichtungen entstehen, muss das Bewertungskriterium A erfüllt werden. Dies ist einleuchtend, denn diese Störungen treten dauerhaft auf und bei einer Minderung der Betriebsqualität durch diese Störungen könnte das Produkt gar nicht betrieben werden. Bei einem Notebook wäre es beispielsweise inakzeptabel, dass elektromagnetische Felder von Sendeeinrichtungen Eingabefehler im Touchpad erzeugen.

Das Bewertungskriterium B erlaubt eine Minderung der Betriebsqualität des Prüflings während Prüfung. Der Prüfling darf durch die Störung aber keine Daten verlieren, oder den Betriebszustand wechseln. Nach Ende der Prüfung muss der Prüfling ohne Eingriff des Benutzers den Betriebszustand haben, den er vor der Prüfung hatte. Das Kriterium B wird für transiente Ereignisse

angewandt, da ESD Entladungen und Spannungsspitzen durch das Schalten induktiver Lasten im Betrieb eines Geräts nicht kontinuierlich auftreten. Beispielsweise darf das Notebookdisplay während einer ESD-Entladung kurz flackern. Eine dauerhafte Beeinträchtigung oder ein Neustart sind allerdings nicht erlaubt.

Das Bewertungskriterium C beschreibt einen zeitweiligen Funktionsausfall. Dieser kann auch durch einen Eingriff des Benutzers, wie beispielsweise einen manuellen Neustart nach dem Abklingen der Störungen, behoben werden. Der Betriebszustand vor der Prüfung muss wiederherstellbar sein, das Gerät darf also nicht dauerhaft beschädigt werden oder beispielsweise die Firmware verlieren.

Das Bewertungskriterium D beschreibt einen nicht wiederherstellbaren Funktionsverlust, oder die Beschädigung des Gerätes durch das Prüfphänomen.

Generell sollte das Thema Bewertungskriterium mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden. Sollte beispielsweise das zum Produkt beigelegte Netzteil eines PCs das Kriterium B bei der Burstprüfung erfüllen, muss das Gesamtprodukt nicht unbedingt die Prüfung bestehen. Fällt die DC-Ausgangsspannung des Netzteils während der Burstprüfung auf 0 V und ist nach der Prüfung wieder auf dem geforderten Wert, so besteht das Netzteil die Prüfung prinzipiell nach Kriterium B. Jedoch zeigt der PC während der Prüfung das Kriterium C anstatt B, da der PC während der Prüfung eine Eingangsspannung von 0 V statt der notwendigen Nennspannung hat und somit abschaltet. Es empfiehlt sich, die Bewertungskriterien nicht möglichst „weit zu dehnen“, sondern die Anforderungen der Kunden und Anwender in Betracht zu ziehen! Auch die EU-Kommission stört sich an der etwas freien Auslegung der Bewertungskriterien durch die Gerätehersteller. In den neuen zur Harmonisierung vorgelegten Normen werden vermehrt genauer definierte Kriterien gefordert. Allerdings weicht die internationale Meinung hier von den Anforderungen der EU-Kommission ab. Das hat zur Folge, dass viele der neuen Normen gar nicht harmonisiert und somit nicht im Amtsblatt veröffentlicht werden.

2.3.1 61000-4-2 Störfestigkeit gegen elektrostatische Entladungen (ESD)

Die ESD-Prüfung gehört zu den EMV-Phänomenen die einem technischen Laien am ehesten einleuchten, denn jeder kennt dieses schmerzliche Phänomen aus dem Alltag. Dies zeigt aber auch, dass elektrische Geräte häufig diesem Phänomen ausgesetzt sind und dass Störungen durch ESD-Effekte eindeutig vom Anwender eines Gerätes identifiziert werden können.

Die ESD-Prüfung zählt zu den Gehäuseprüfungen und unterscheidet sich in der direkten und indirekten Entladung. Unter der direkten Entladung, versteht man die Entladung auf den Prüfling selbst. Die indirekte Entladung beschreibt eine Entladung einer Person auf einen metallischen Gegenstand in der Nähe des Prüflings, wodurch der Prüfling durch das elektromagnetische Feld der Entladung beeinflusst werden kann. Aus diesem Modell ergibt sich auch der in der Abbildung 10 gezeigte normative Prüfaufbau.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

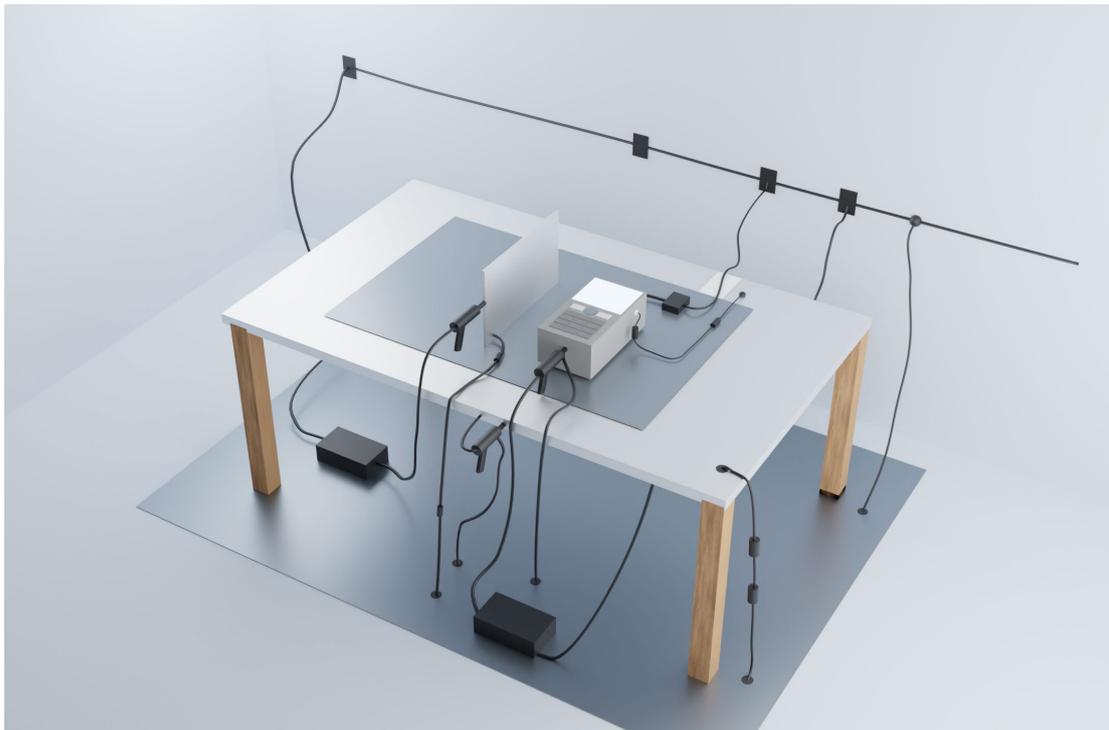


Abbildung 10: normativer, schematischer Prüfaufbau der ESD-Störfestigkeitsprüfung nach DIN EN 61000-4-2_2009-12

Auf dem Tisch befindet sich eine mit 2 mal 470 k Ω in Reihe geschaltete geerdete Metallplatte, die als horizontale Koppelplatte dient. Zwischen Koppelplatte und Prüfling wird eine isolierende Unterlage vorgeschrieben, die beispielsweise als Teflonplatte ausgeführt sein kann. Im Prüfaufbau ist außerdem eine vertikale, versetzbare Koppelplatte vorgesehen, auf die Entladungen von allen Seiten des Prüflings durchgeführt werden können.

Zur Herkunft des Tischmodells des Tisches gibt es eine Geschichte, die in manchen Normenkreisen erzählt wird und genau die Tischmaße erklären soll. In der Anfangszeit der Computertechnik wurden in manchen Bankfilialen aus optischen Gründen Schreibtische mit metallisierter Oberfläche verwendet. Am Arbeitsplatz standen normalerweise zwei Tische mit den Maßen 1,6 m x 0,8 m, wobei auf einem Tisch der PC stand und auf dem anderen der zugehörige Drucker. Hat der Mitarbeiter sich bei trockener Luft auf dem Teppichboden aufgeladen und an den Schreibtisch gesetzt, kam es zur Entladung des Mitarbeiters auf der Tischplatte (im Prüfaufbau die HCP). Durch den Impuls wurden Störungen in die Geräte gekoppelt und der Drucker begann zu drucken. Um dieses Phänomen zu prüfen, wurde angeblich der Prüfaufbau aus Abbildung 10 eingeführt. Der Wahrheitsgehalt dieser Geschichte kann an dieser Stelle nicht mehr überprüft werden, allerdings zeigt die Geschichte die Idee hinter der EMV-Normung. Es gibt ein technisches EMV-Problem der Gerätefunktionalität im Feld, woraufhin ein Weg gesucht wird, dieses Phänomen abzubilden und reproduzierbar unter Laborbedingungen zu simulieren. Dies führt dann eventuell auch zu nicht mehr zeitgemäßen Aufbauten, da die Prüfaufbauten beispielsweise in die Anfangszeit der PC-Technik zurückgehen und sich nicht immer an den aktuellen Geräten und Techniken orientieren. Umso wichtiger ist es, dass sich technische Experten in der Normung engagieren und diese Themen voranbringen und die Prüfnormen auf dem Stand der Technik halten.

Neben der ausführlich beschriebenen indirekten Entladung gibt es auch die direkte Entladung. Hierunter versteht man die Berührung des Prüflings mit der Prüfspitze an metallischen Teilen (Kontaktentladung) oder an nichtleitenden Gehäuseteilen mit dem Prüffinger zur Luftentladung. Bei der Prüfung der Kontaktentladung wird die zu prüfende Stelle mit zehn positiven und zehn negativen Pulsen beaufschlagt. Ist das Gerät nicht geerdet (beispielsweise isolierte Schutzkleinspannungsgeräte), so muss die Ladung zwischen den Pulsen vom Prüfling entfernt werden, das kann beispielsweise mit einer geerdeten Kohlefaser-Bürste geschehen. So wird vermieden, dass eine statische Aufladung des Prüflings stattfindet, wodurch sich keine weiteren Pulse auf den Prüfling entladen würden (Untertestung) oder beim Wechsel der Polarität eine Übertestung stattfindet. Moderne ESD-Generatoren haben ein automatisiertes Entladernetzwerk integriert, sodass die Prüfung hier deutlich vereinfacht und beschleunigt wird. Bei Prüfung der Luftentladung auf nichtleitende Oberflächen wird die Luftentladungsspitze verwendet. Diese wird aufgeladen und dann schnell zum Prüfling hingeführt. Je nach Isolation und Konstruktion des Prüflingsgehäuses, kann so eine

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

Entladung stattfinden, es kann aber auch eine Luftentladung konstruktiv verhindert werden. Eine Elektrostatische Entladung (ESD) ist ein transientes Ereignis, das verschiedene Störungen am Produkt verursachen kann, wie beispielsweise:

- Aufladung hochimpedanter Pins an ICs und floatenden Leitern. Dies kann auch erst nach mehreren Entladungen passieren.
- Reproduzierbare Ausfälle und Störung asymmetrischer Busse, schlecht Entkoppelter ICs oder RESET-Pins.
- Zerstörung von Bauteilen im Prüfling.
- Statistisch, nicht reproduzierbare Störungen. In diesem Fall kann zum Auffinden der Ereignisse und zur erhöhten Reproduzierbarkeit eine „Eskalationsstrategie“ angewandt werden, mit mehr Pulsen und mit einer höheren Pulswiederholrate. Sporadische Störereignisse sind manchmal sehr schwer zu reproduzieren, da der ESD-Puls nur eine sehr kurze Verweilzeit hat, wodurch eventuell der Prüfling während der Störung / Entladung nicht in einem Betriebszustand ist, in dem er auf die Störung reagiert – da beispielsweise zur Zeit der Entladung kein Datenverkehr auf dem Bus stattfindet.

Wie zuvor schon angemerkt ist der ESD Puls ein transientes Phänomen und tritt normalerweise einmal bei Berührung des Prüflings auf. Aus diesem Grund dürfen bei kommerziell genutzten Geräten Beeinflussungen bei der Entladung stattfinden, wie beispielsweise ein Flackern des Bildschirms. Allerdings muss das Gerät danach wieder in den störungsfreien Ausgangszustand gehen, ohne Datenverlust und ohne Eingriff des Benutzers. Mehrfache Entladungen können in Förderanlagen stattfinden, beispielsweise wenn ein Förderband eine Rolle auflädt, die sich dann häufig entlädt.

Der ESD-Impuls enthält in seinem Frequenzspektrum einen großen Anteil hoher Frequenzen. Dies ergibt sich durch die kurze Steigzeit des Entladestroms von unter 1 ns. Die Stromspitze bei Kontaktentladungen von 4 kV beträgt 15 A. Die hohen Frequenzen und Ströme führen zu einer starken Einkopplung der Störung in den Prüfling.

Die Prüfung des Notebooks findet, nach dem aus Abbildung 10 abgeleiteten und in Abbildung 11 umgesetzten Aufbau, statt. Wie für alle Verbraucherprodukte, ist auch hier die Prüfanforderung an eine Störfestigkeit des Prüflings mit 4kV Kontaktentladung und 8 kV Luftentladung vorgeschrieben. Da die Luftentladung mit 8 kV häufig zur Entladung und ggf. zur Prüflingsbeschädigung führen kann, wird mit der niedrigeren 4 kV Kontaktentladung begonnen. Auch die indirekte Entladung wird als Kontaktentladung auf die Koppelplatten (HCP, horizontal coupling plane und VCP, vertical coupling plane) ausgeführt.



Abbildung 11: Prüfaufbau zur ESD-Prüfung des Notebooks. Prüfung an einer metallischen Schraube mit direkter ESD-Entladung (unten links) und indirekter Entladung am Haupttaster (unten rechts). ESD-Entladung auf VCP (oben rechts) und Gesamtübersicht des Prüfaufbaus (oben links)

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

Das Notebook wird an leitenden metallischen Strukturen mit der Kontaktentladung geprüft. Hierzu zählen beispielsweise zugängliche Schrauben. Der Kunststoffrahmen um die Tastatur ist in Metalloptik ausgeführt. Allerdings ist der Rahmen nichtleitend und wird somit nicht mittels Kontaktentladung geprüft. Display, Tastatur, Mousepad, andere Taster und Kabel werden mittels Luftentladung geprüft. Dies gilt auch für die Schnittstellen des Notebooks. Hier werden keine Kabel angeschlossen und offene Pins geprüft, sondern die Prüfung erfolgt mittels Luftentladespitze in die Gehäuseöffnung, entsprechend der späteren Handhabung des Benutzers. Geschirmte Schnittstellen sind normalerweise so entworfen, dass eine Entladung vom Finger auf den Schirm der Schnittstelle springt. Nichts desto trotz sollte für Schnittstellen die das Gerät verlassen, in der Elektronik ein Überspannungsschutz vorgesehen werden, beispielsweise mittels TVS-Dioden. Überspannungen können sich auch in isolierten Leitern bilden und beim Einstecken in die Geräteschnittstelle zu Entladungen und so zu Beschädigung der Schnittstelle führen. Möglich sind auch Entladungen von Überspannungen von Anschlussgeräten, wenn diese mit dem Anschlusskabel an die Schnittstelle des Notebooks angeschlossen werden.

2.3.2 61000-4-3 Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder

Die Tabelle 1 der DIN EN 55035 enthält Anforderungen für die Prüfung der Störfestigkeit am Gehäuse. Neben der zuvor aufgezeigten ESD-Prüfung muss auch die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder geprüft werden. Die Anforderungen in Tabelle 2 sind jedoch im Vergleich zur Fachgrundnorm deutlich schwächer. Im Frequenzbereich über 1 GHz wird hier nur an bestimmten Frequenzpunkten geprüft. Laut IEC Guide 107 sollten sich die Anforderungen von Produktnormen an den Fachgrundnormen orientieren, um so einen identischen Schutzlevel in verschiedenen Produktkategorien sicherzustellen. Bei Abweichungen mit zu vereinfachten Prüfbedingungen, wie in Abbildung 4 gezeigt, empfiehlt es sich auf die Fachgrundnorm zurückzugreifen, um für das Produkt ein für den Einsatz in der Praxis realistisches Schutzziel zu erreichen.

1.2	Andauernde elektromagnetische HF-Felder, Prüfung mit Frequenzdurchlauf	Frequenz Feldstärke	80 bis 1000 3	MHz V/m	IEC 61000-4-3 oder IEC 61000-4-20	Zu Einzelheiten der Modulation siehe 4.2.2.1
1.3	Andauernde elektromagnetische HF-Felder, Prüfung auf einzelnen Frequenzen (Spotfrequenzen)	Frequenz (± 1 %)	1800 2600 3500 5000	MHz	oder IEC 61000-4-21	Zu Einzelheiten der Modulation siehe 4.2.2.1
		Feldstärke (± 1 %)	3	V/m		

1.2	Radio-frequency electromagnetic field. Amplitude modulated	80 to 1000 3 80	MHz V/m % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	The test level specified is the rms value of unmodulated carrier
1.3	Radio-frequency electromagnetic field. Amplitude modulated	1.4 to 2.0 3 80	MHz V/m % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	The test level specified is the rms value of unmodulated carrier
1.4	Radio-frequency electromagnetic field. Amplitude modulated	2.0 to 2.7 1 80	MHz V/m % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	The test level specified is the rms value of unmodulated carrier

Tabelle 2: Anforderungen an die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder, wie in der DIN EN 55035:2017 (oben) und der Fachgrundnorm IEC 61000-6-1:2005 Wohnbereich (unten) angegeben

Die in Tabelle 2 gezeigten Anforderungen stammen aus den harmonisierten Normen. Die aktuelle Fachgrundnormen DIN EN 61000-6-1:2019 und DIN EN 61000-6-2:2019 enthalten allerdings Störfestigkeitsanforderungen bis 6 GHz. Es empfiehlt sich auch hier, diese Anforderungen mit zu prüfen. Die Anforderungen, wie sie in der DIN EN 61000-6-2:2019 angegeben sind, sind in Tabelle 3 dargestellt.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

1.2	Hochfrequentes elektromagnetisches Feld, amplitudenmoduliert	80 bis 1000 10 80	MHz V/m % AM (1kHz)	IEC 61000-4-3	Der festgelegte Prüfpegel ist der Effektivwert des unmodellierten Trägers	A
1.3	Hochfrequentes elektromagnetisches Feld, amplitudenmoduliert	1,4 bis 6,0 3 80	MHz V/m % AM (1kHz)	IEC 61000-4-3	Der festgelegte Prüfpegel ist der Effektivwert des unmodellierten Trägers	A

Tabelle 3: Anforderungen an die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder nach der DIN EN 61000-6-2:2019

Das zur Prüfung der gestrahlten und leitungsgeführten Störfestigkeit eingesetzte Signal ist ein mit 1 kHz und 80 % amplitudenmoduliertes Sinussignal. Die Prüffrequenz ist dabei die Trägerfrequenz des modulierten Signals. Diese Frequenz wird nach einer Verweilzeit (minimal 0,5 Sekunden) in 1 % Schritten erhöht. Das Prüfsignal ist in Abbildung 12 aufgezeigt. Der normativ geforderte Prüfpegel ist der Effektivwert des unmodulierten Signals, welches eingeppegelt und dann erst moduliert wird. Dies hat zur Folge, dass der tatsächliche modulierte Spitzenwert des Prüfpegels 1,8-mal höher ist, als angegeben (vergl. die Bilder in Abbildung 12). Die Verweilzeit, d.h. die Wartezeit während eines Frequenzpunktes, sollte so gewählt werden, dass eine Reaktion des Prüflings auf die Störung detektiert werden kann. Wird beispielsweise ein digitales Thermometer geprüft, welches nur alle 10 Sekunden eine Messung durchführt, so kann die Störung der analogen Messelektronik nur sicher erkannt werden, wenn die Einwirkdauer der Störung größer der Zykluszeit des Digitalthermometers ist.

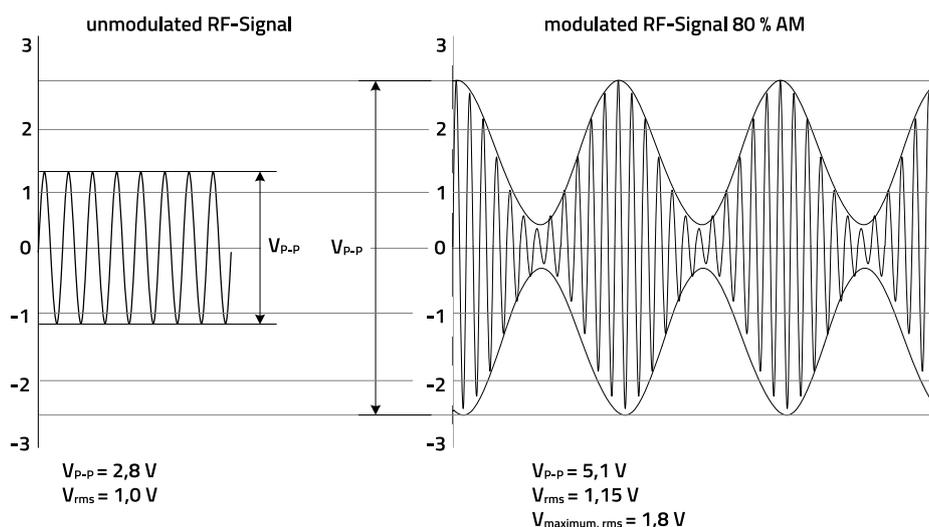


Abbildung 12: Prüfsignal zur Prüfung der leitungsgeführten und gestrahlten Störfestigkeit. Abbildung entstammt der IEC 61000-4-3:2006+A1:2007+A2:2010

Der schematische Prüfaufbau nach Abbildung 13 wird zur Prüfung der Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder, wie in Abbildung 14 ersichtlich, umgesetzt. Die Uniform Field Area (UFA), d.h. der kalibrierte Bereich, in dem die Feldverteilung den in der Norm angegebenen maximalen Abweichung entspricht, ist an der vorderen Tischkante. Alle Leitungen des Prüflings werden mit einer horizontal ausgerichteten Länge von einem Meter im Feld geführt. Hierbei können die Leitungen auch in der Höhe aufgefächert werden, um Abschattungen zu vermeiden. Die UFA im Aufbau in Abbildung 14 beginnt schon unterhalb der Tischfläche, weshalb ein Kabel an der Styroporplatte angeklebt wurde. Die E-Feldsonde dient zur Validierung des Prüffeldes und zeigt die örtlichen Feldstärkewerte während der Prüfung an. Das Feld in der Absorberhalle ist nur ohne Prüfling homogen und wird bei leerer Messhalle kalibriert. Während der Prüfung zeigt somit die Feldsonde die Feldstärke an, die durch den Prüfling beeinflusst wird.

Prüflinge werden normalerweise nacheinander von allen vier Seiten "bestrahlt", wobei die Leitungen und Kabel horizontal im Feld verweilen. Somit wird im Prüfaufbau nach Abbildung 8 nur das Notebook auf die jeweils zu prüfende Seite mit Position an der Tischkante im Homogenfeld gedreht.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

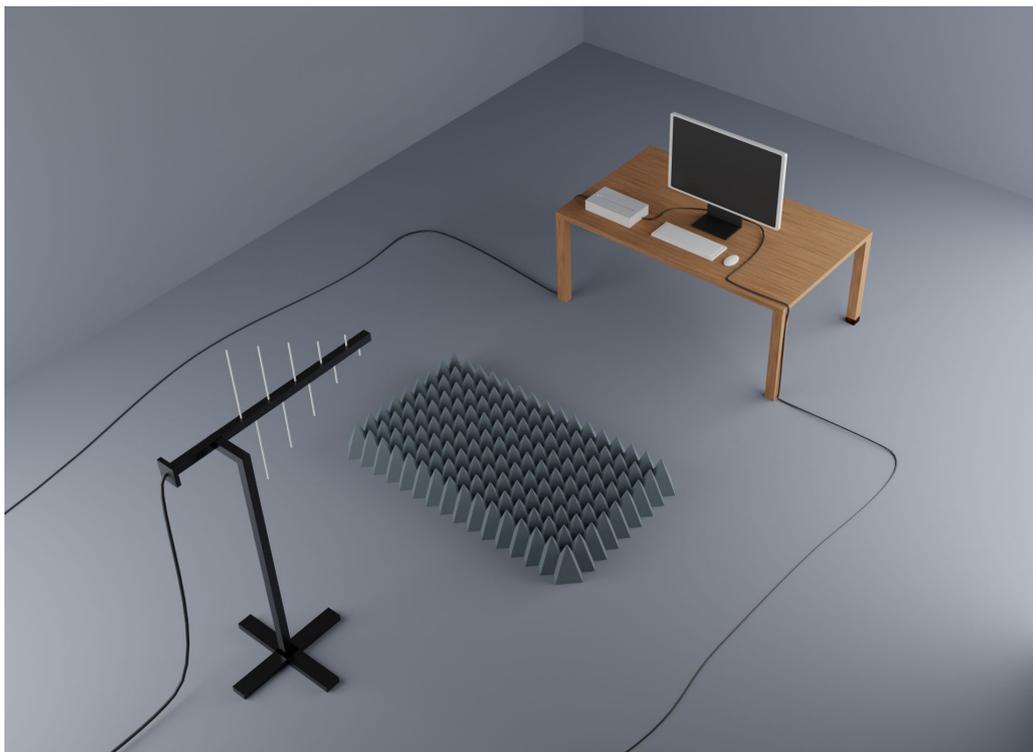


Abbildung 13: Aufbau der Störfestigkeitsprüfung gegen elektromagnetische Felder nach IEC 61000-4-3:2006+A1:2007+A2:2010

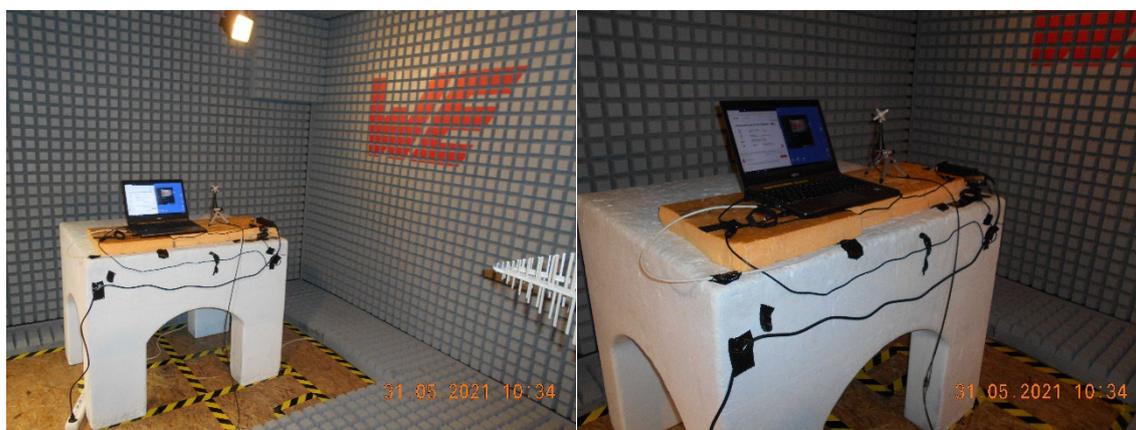


Abbildung 14: Aufbau der Störfestigkeitsprüfung gegen elektromagnetische Felder des Notebooks

Die Überprüfung der Prüflingsfunktionen erfolgt mittels Kamera und Mikrofon. Somit kann festgestellt werden, ob die Webcam noch ein Bild liefert und das gestreamte Video noch abgespielt wird. Diese Überprüfung ist nicht normativ, jedoch muss entsprechend den Gerätefunktionen der Zustand des Gerätes während der Prüfung überwacht werden. Der Prüfpegel wird auf 10 V/m von 80 MHz bis 3 GHz festgelegt, um die Anforderungen der aktuell harmonisierten Norm IEC 61000-6-2 im Frequenzbereich unter 1 GHz zu erfüllen und über 1 GHz ergänzend zu prüfen. Die folgende Abbildung 15 zeigt die gemessene Feldstärke am Ort der Feldsonde in horizontaler Antennenpolarisation.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

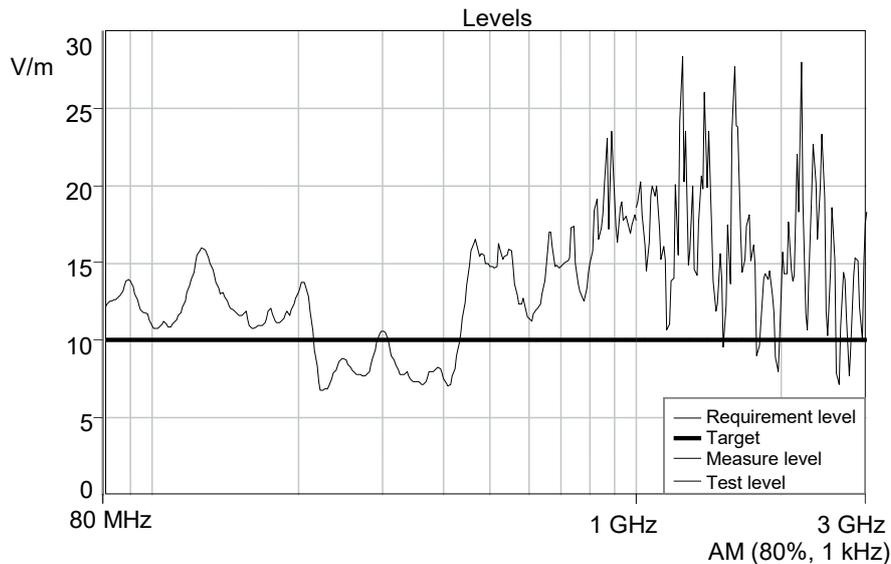


Abbildung 15: Prüfpegel und Monitoring während dem Test der Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder

Während der Störfestigkeitsprüfung mit 10 V/m sind am Prüfling keine Ausfälle aufgetreten. Um zu demonstrieren, was bei einem Ausfall passieren kann wurde die Feldstärke deutlich erhöht. Aus der Überwachungs-Software der Kamera in der Messhalle ging hervor, dass das Notebook bei erhöhter Feldstärke von 40 V/m von externer Webcam auf interne Webcam umschaltet (Siehe Abbildung 16). Die USB-Kommunikation wurde abgebrochen, jedoch ließ sich aus diesem Ergebnis nicht feststellen ob die Webcam oder die USB-Schnittstelle auf Notebook-Seite gestört wurde.

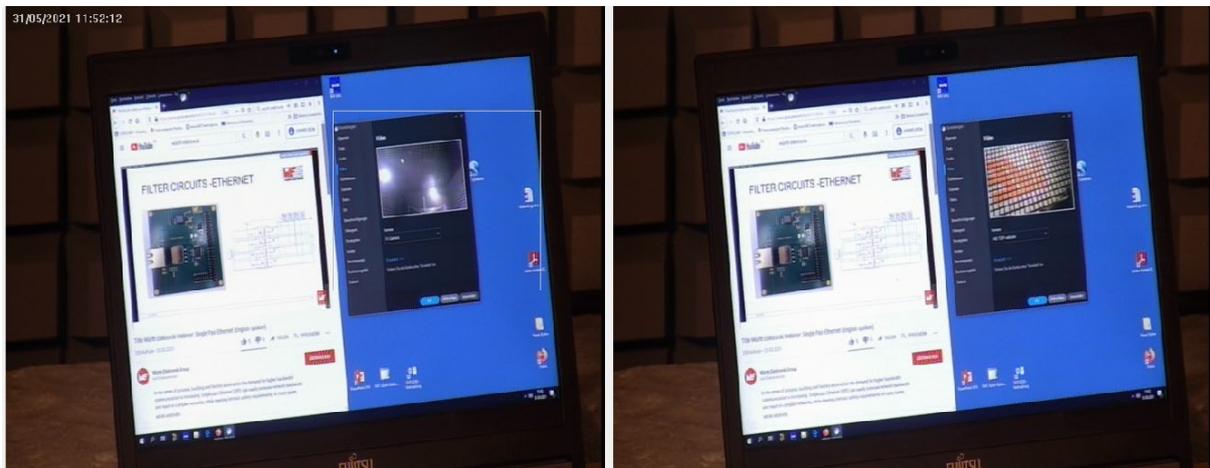


Abbildung 16: Störung der USB-Schnittstelle zur Webcam und Umschalten der Webcam während der Einwirkung der Störung bei der Prüfung mit einer überhöhten Feldstärke von 40 V/m

2.3.3 61000-4-4 Störfestigkeit gegen schnelle Transiente (Burst)

Die Burstprüfung modelliert transiente Überspannungspakete, die beim Abschalten induktiver Lasten entstehen. Typische Quellen solcher transienten Überspannungen sind beispielsweise Bürstenmotoren, die während der Drehung des Ankers am Kommutator die induktive Last der Wicklungen schalten. Transiente Störungen entstehen aber auch beim Schalten von langen stromdurchflossenen Leitern, die durch ihre Länge eine hohe Induktivität erreichen. Die stromdurchflossenen Leiter haben immer einen induktiven Impedanzanteil, der zu einer ggf. als Verbraucher angeschlossenen Induktivität hinzugerechnet werden muss. Beim Öffnen eines Schalters in einem Stromkreis mit einer Induktivität wird der Stromfluss unterbrochen, wodurch durch die sog. Selbstinduktivität des Stromkreises eine hohe Spannung am öffnenden Schaltkontakt entsteht. Diese hohe Spannung führt zur Funkenbildung. Im Funkenplasma bricht die Spannung zusammen und ein Strom fließt, wobei sich gleichzeitig der Schaltkontakt weiter öffnet und deshalb den Funken löscht, wodurch auch der Stromfluss wieder unterbrochen wird. Die Spannung steigt erneut bis zur Überschlagsspannung an, zündet wieder einen Funken und der beschriebene Vorgang wiederholt sich, bis der Schalter

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

ganz geöffnet ist. Es bilden sich Überspannungspakete, die Bursts oder EFTs (Electrical Fast Transients) genannt werden. In Abbildung 17 wird dieses Phänomen beim Schalten eines Übertragers in einer Applikation gezeigt.

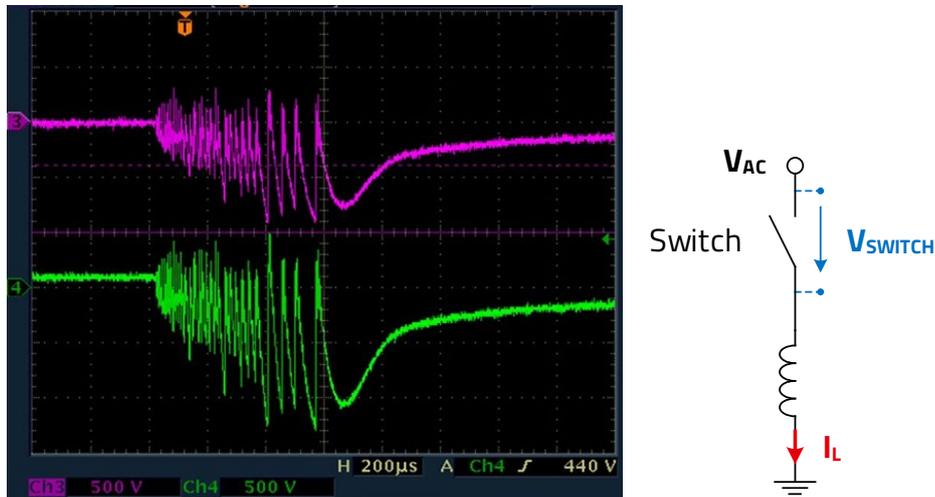


Abbildung 17: Entstehung eines Burstpakets in einer realen Applikation

Vielen Dank an Christian Schwab und das EMV-Labor von der Thales Deutschland GmbH in Ditzingen für die Darstellung dieses Phänomens!

Dieses reale Burst-Phänomen wurde normativ abgebildet und so entsteht ein „modellhaftes“ Burst-Paket, das in der folgenden Abbildung 18 zur Prüfung im EMV-Labor verwendet wird.

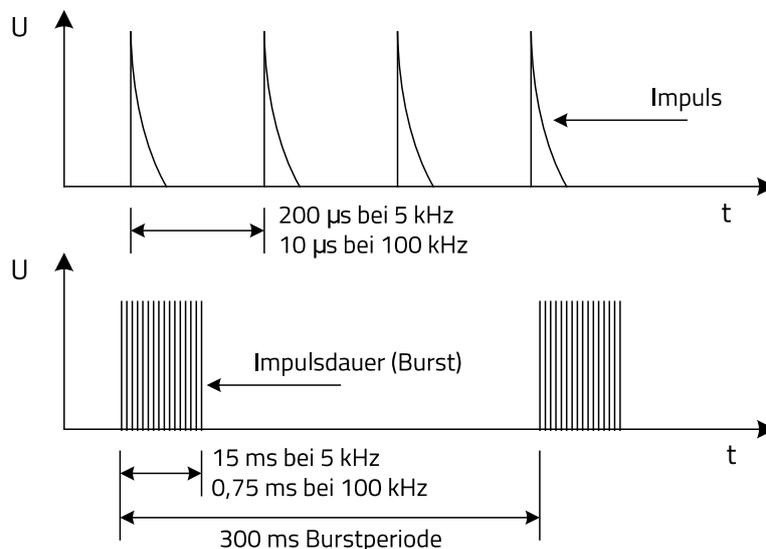


Abbildung 18: Prüfsignal zur Prüfung der Immunität gegen Burst nach DIN EN 61000-4-4:201404

Auch das Burstsignal fällt durch eine sehr kurze Flankensteigzeit von 5 ns und die dadurch resultierenden hohen Frequenzanteile auf. Die Störungen an den Prüflingen treten in ähnlicher Weise auf wie die Störungen und Ausfälle während der ESD-Prüfung.

Bedingt durch die Topologien, bzw. Merkmale der Anschlusskabel, ergeben sich zwei verschiedene Einkoppelverfahren zur Prüfung der leitungsgebundenen Störfestigkeit. Auf Versorgungsleitungen am Niederspannungsnetz oder an DC-Versorgungsnetzen wird der Burst über Koppelfilter, mit dem sog. CDN (Coupling/Decoupling Network) Verfahren eingekoppelt. Auf Datenleitungen mit Kabellängen ab 3 m, wird mittels kapazitiver Koppelzange eingekoppelt. Die direkte Einkopplung mittels CDN ist schärfer und berücksichtigt, dass die Überspannung im Netz leitungsgeführt verteilt wird. Die Einkopplung mittels Koppelzange simuliert die kapazitive Kopplung der Störung von einer Netzleitung in eine parallel laufende Signalleitung. In Fällen, in denen nicht klar ist, welche Einkopplung genutzt werden soll, sollte die CDN-Einkopplung gewählt werden, wenn die geprüfte Schnittstelle leitend mit der „Burst-Quelle“ verbunden ist. Hat aber z.B. ein AC/DC Netzteil zum direkten Anschluss an einen

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

DC-Verbraucher eine DC-Leitungslänge von über 3 m, so wird die Prüfung mit der Koppelzange durchgeführt, da auf der DC-Leitung zwischen Gerät und Netzteil keine direkte Bursteinkopplung erfolgen kann.

Da das Anschlusskabel des Notebooks für die USB Schnittstelle mit einer Leitungslänge kleiner 3 m definiert ist, wird die USB-Leitung nicht geprüft. Am Ethernetanschluss wird der Burst mittels Koppelzange in das Ethernetkabel eingekoppelt. Der Aufbau der Prüfung wird nach Abbildung 19 ausgeführt. Da der AC-DC Adapter Teil des Lieferumfanges ist, wird der Burst AC-seitig d.h. am 230V-Anschluss des Netzadapters mit der CDN eingekoppelt.



Abbildung 19: Aufbau der Burstprüfung nach DIN EN 61000-4-4:2013-04

Die Burstprüfung wird auf einer Referenzmassefläche durchgeführt, wobei die Prüflinge auf einer isolierenden Unterlage mit 10 cm Höhe aufgestellt werden. Die Störungen werden im Common Mode gegen die Referenzmasseplatte mit dem gewählten Koppelverfahren in die Schnittstelle gekoppelt. Bedingt durch diesen Aufbau wird der Burst als Störgröße bei EMV-Prüfungen im Common Mode eingekoppelt und ist schwer zu filtern. Vor allem bei industriellen Prüfpegeln von 2 kV und der Frequenzbandbreite des Störsignals ist eine Filterung dieser Common Mode Störung nahezu unmöglich. Deshalb ist es wichtig, dass die im Gerät verwendeten Platinen und Designs einen symmetrischen Aufbau haben und lokale Überspannungen durch eine Moden-Konversion verhindert werden. Anfällige Pins und Versorgungsspannungen von ICs müssen entkoppelt werden, um auftretende Spannungsdifferenzen zu verhindern.

Bei der Burstprüfung ergeben sich verschiedene normative Unschärfen. Beispielweise wird nicht vorgeschrieben, ob der Prüfling bei der Prüfung einer Signalschnittstelle am prüflingsfernen Ende der Signalleitung an ein Entkoppelnetzwerk angeschlossen werden muss oder nicht. Hierdurch kann die Energie der Pulse über das Hilfsequipment impedanzabhängig abgeleitet werden. Bei der Prüfung von Signalschnittstellen ist nicht eindeutig definiert, ob der Wechselspannungsversorgungsanschluss des Prüflings an eine CDN oder direkt ans Netz angeschlossen wird. Bei der Konfiguration mit dem Anschluss an ein CDN fließt ein geringerer Störstrom, aber die Störspannung ist höher, bei Anschluss direkt an ein Netz wird der Störstrom dagegen höher.

Der Prüfaufbau des Notebooks erfolgt nach den Abbildung 19 und Abbildung 20, die Burstprüfung erfolgt einmal auf der 230 V Netzleitung und einmal auf dem Ethernetkabel. Bei der Prüfung der Ethernet-Signalleitung bleibt das Netzteil zur Signalentkopplung mit der CDN verbunden. Auf das Ethernetkabel wurden Ferritkerne zur Signalentkopplung angebracht, das Hilfsequipment wurde zum Schutz mit Entkopplungsfiltern versehen. Abbildung 20 zeigt, dass der koaxiale Signalanschluss des Burst-Generators auf der Seite des Prüflings in die Koppelzange eingesteckt werden muss. Das Ethernetkabel kann in diesem Koppelverfahren sehr einfach durch ein ungeschirmtes Kabel getauscht werden, sodass auch diese Konfiguration geprüft werden kann. Die Durchführung der Prüfung bleibt dabei identisch.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

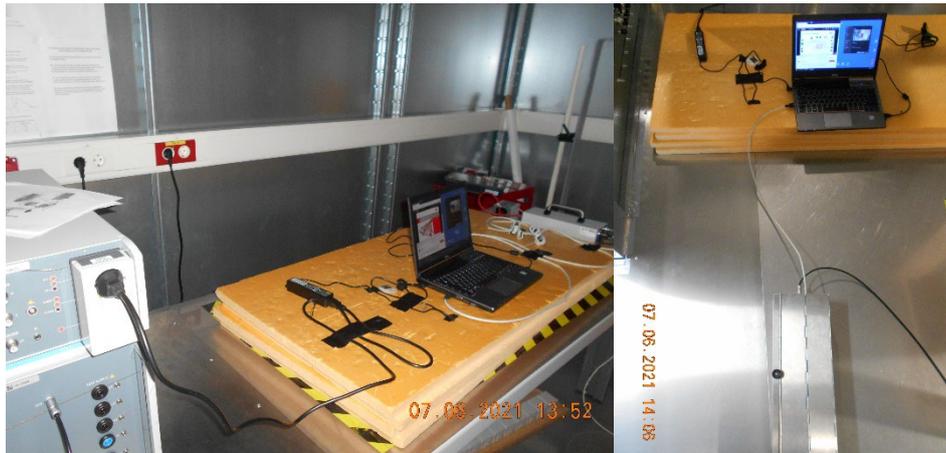


Abbildung 20: Aufbau der Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle Transiente (Burst). Links der Aufbau der Prüfung an der Schnittstelle zum Niederspannungsnetz, rechts an der Datenleitung

Das rechte Bild in Abbildung 20 zeigt auch eine platztechnisch etwas flexiblere Möglichkeit des Prüfaufbaus, indem einfach alle Geräte und Hilfsgeräte des Prüflings auf dem Boden eines Schirmraums aufgebaut werden.

Eine Überprüfung ob der Generator Burstpakete sendet, kann mittels LED und einigen Drahtwicklungen während der Prüfung erfolgen. Die während der Burstprüfung erzeugten Felder sind so stark, dass die LED während der Prüfung leuchtet. Ein Aufbau eines solchen „Detektors“ ist in Abbildung 21 gezeigt.



Abbildung 21: Burstdetektor zur schnellen Überprüfung des Generators während der Prüfung. Die LED liegt im Aufbau aus Abbildung 14 an den Mäandern der DC-Leitung zwischen Notebook und Netzteil

Zum Auffinden von Burst sensitiven Regionen im Gerät, auf der Elektronikplatine und an den IC-Pins kann der Burst auch mittels spezieller, isolierter Nahfeldsonden eingekoppelt werden. Diese Methode kann gegebenenfalls auch zur Entstörung von ESD-Problemen auf der Platine genutzt werden, da die Frequenzbereiche der Störungen ähnlich sind.

Bei den Burstprüfungen gibt es zwei normativ vorgegebene Wiederholfrquenzen der Pulse im Burstpaket. Zum einen 5 kHz und zum anderen 100 kHz. Oftmals hat der Anwender ausgehend von der Norm die Möglichkeit, die Wiederholfrquenz (5 kHz oder 100 kHz) zu wählen. Abbildung 18 zeigt das Burstpaket mit den Bursts und ihrer Wiederholfrquenz, sowie die Pause zwischen den Paketen. Die Länge des Pakets ändert sich in Abhängigkeit der Wiederholfrquenz der Bursts. Die Paketlänge ist bei 100 kHz Wiederholfrquenz deutlich geringer als bei 5 kHz.

In der Praxis kommt es bei den meisten geprüften Produkten nicht zu einem gravierenden Unterschied bei der Anwendung der verschiedenen Prüffrequenzen. Da die Burstprüfung nur bei einem Prüflevel Common Mode eingekoppelt wird und somit zeitlich schnell durchgeführt ist, können dennoch beide Frequenzen zur ausreichenden Härtung des Produkts getestet werden. Gelegentlich sind jedoch bei der Prüfung beider Frequenzen unterschiedliche Prüflingsreaktionen aufgefallen.

2.3.4 61000-4-5 Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (Surge)

Die Surgeprüfung bildet Überspannungen durch Schaltvorgänge und Überspannungen durch gekoppelte (d.h. indirekte) Blitzeinschläge nach. Es wird unterschieden zwischen der Prüfung auf langen Signalleitungen und Signalleitungen, die an ein Netzwerk angeschlossen werden, wie beispielsweise Ethernet und KNX oder Anschlüsse an das Niederspannungsnetz.

Bei der Prüfung am Niederspannungsnetz wird der Surge-Impuls sowohl symmetrisch, als auch asymmetrisch eingekoppelt, d.h. zwischen PE und L/N, aber auch zwischen L und N. Dabei wird der Impuls in verschiedenen Phasenwinkeln auf die Netz-

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

Sinusspannung aufaddiert. Die Abbildung 22 zeigt den Surgeimpuls, der während der Prüfung auf die Netzspannung aufaddiert wird.

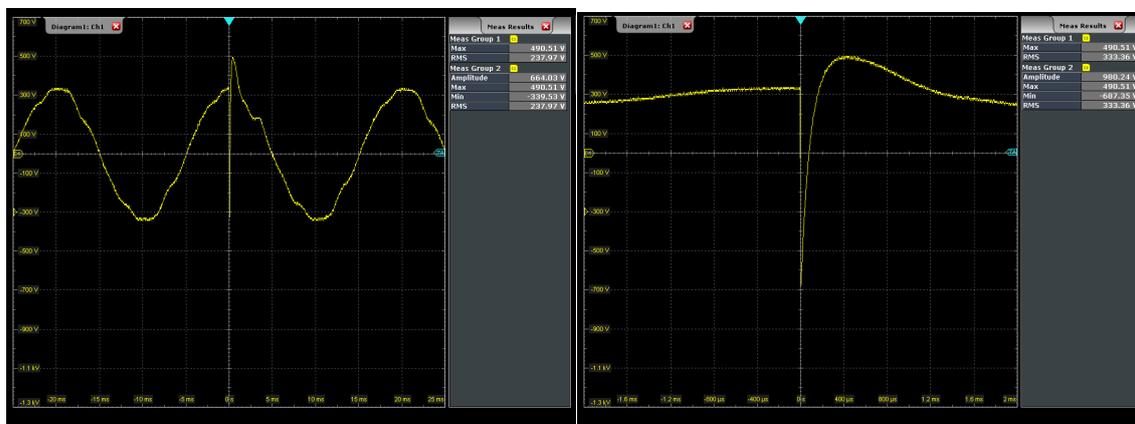


Abbildung 22: Surgeeinkopplung - 1 kV am Maximum der 230 V_{AC} Sinusschwingung

Der Surge wird nach den normativen Phasenwinkeln geprüft, wobei jeweils fünf positive und negative Impulse mit einer Impulspause von maximal 60 Sekunden eingekoppelt werden. Auch niedrigere Prüfpegel werden geprüft. Bei Prüfungen von Mehrphasensystemen sind die Phasenwinkel entsprechend den geprüften Leitern anzupassen. Bei Schutzklasse 2 Geräten wird der PE nicht geprüft. Ansonsten werden auch asymmetrische Surgeimpulse von Leiter zu PE mit Beachtung der Phasenwinkel und von Neutraleiter zu PE ohne Beachtung des Phasenwinkels eingekoppelt.

Die Surgekopplung auf Datenleitern ergibt sich aus der Idee, dass Blitzeinschläge und Ströme starke magnetische Felder verursachen. Diese magnetischen Felder koppeln in langen Leitungen Surgespannungen ein, sodass für Schnittstellen mit Leitungen länger als 30 m Surgeprüfungen durchgeführt werden. Außerdem können Erdpotentiale verschiedener Geräte durch Blitzeinschläge angehoben werden und es fließen Ausgleichsströme über Datenleitungen.

Bei der Prüfung des Notebooks unterscheiden sich die Produktnorm DIN EN 55035:2018-04 und die Fachgrundnorm. Die Produktnorm sieht Surgeprüfungen nur für Leitungen vor, die das Gebäude verlassen und weicht so von der Fachgrundnorm ab. Es ist sinnvoll, abweichend von der Produktnorm, die Surgeprüfung auch sowohl auf geschirmten, als auch auf ungeschirmten Ethernetleitungen vorzusehen. USB und DC-Leitungen werden beim Notebook nicht gegen Surge geprüft. Der Aufbau der Surgeprüfung erfolgt nach Abbildung 20 links und hat damit Ähnlichkeiten mit der Burstprüfung. Bei der Surgeprüfung wird jedoch die Referenzplatte nicht benötigt. Bei der Prüfung reicht ein Rückleiter mit großem Querschnitt aus. Da jedoch oftmals als Prüfgerät ein Kombinationsgenerator verwendet wird, der sowohl für Burst-, als auch für Surgeprüfungen verwendet werden kann, unterscheiden sich die Aufbauten in der Praxis oftmals nicht.

Signal- und Datenleitungen mit geschirmter Schnittstelle werden mit direkter Einkopplung aus dem Surgegenerator geprüft. Dies beinhaltet aber, dass der Kabelschirm der Signal- bzw. Datenleitung beidseitig geerdet sein muss. Ist dies nicht der Fall gilt die Schnittstelle als ungeschirmt. Diese Problematik ist oftmals bei kommerziellen bzw. Consumergeräten der Fall, wo Ethernet-Schnittstellen aus Kunststoff, ohne Schirmanschluss verwendet werden. Wird die Schnittstelle mit der geschirmten Leitung geprüft, so müssen Prüfling und Hilfsgerät vom Netz galvanisch isoliert betrieben werden. Der Surge wird auf das eine Gehäuse eingekoppelt und dann über die Schnittstelle mit 20 m langem mäanderförmig gelegten Kabel auf das Hilfsgerät geleitet, von dem aus der Surge über das Massekabel oder einen Anschluss zum Chassis zum Generator zurückgeleitet wird. Bei der Surgeprüfung des Notebooks mit geschirmter Ethernetschnittstelle empfiehlt sich als Gegenstelle ein zweites Notebook im Akkubetrieb (alternativ Betrieb mit Netzteil und Trenntrafo oder weiterem Entkoppelnetzwerk) und ein Prüfprogramm zur Bewertung der Schnittstellengeschwindigkeit und Fehlerrate. Die Surgeeinkopplung und Auskopplung kann direkt mit Krokodilklemmen am Gehäuse oder am Kabelschirm durchgeführt werden.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

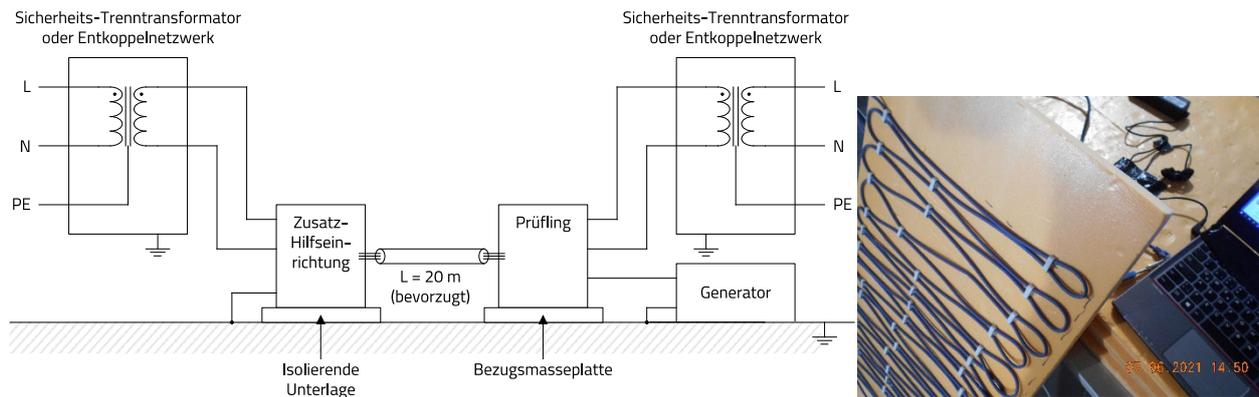


Abbildung 23: Surgeprüfung auf geschirmtem Ethernetkabel. Links der normative Aufbau nach DIN EN 61000-4-5:2014+A1:2017; Rechts Umsetzung des Aufbaus mit Einkopplung auf 20 m langem mäandertem geschirmtem Kabel

Im Aufbau in Abbildung 23 wird das zu prüfende Netzteil durch den Anschluss an ein Koppel-Entkoppelnetzwerk im Surgegenerator netzseitig entkoppelt. Eine Entkopplung der Hilfseinrichtung muss vorgesehen werden, die Rückleitung des Störstroms kann direkt am Gehäuse der Hilfseinrichtung abgegriffen werden und muss nicht zwangsläufig über eine Bezugsmasseplatte erfolgen. Die Leitungen sollten ausreichend dick und Hin- und Rückleiter weitestgehend verdreht sein. Ein Richtwert für die Leitungen zur Kopplung können die vom Generatorhersteller mitgelieferten Leitungen zum Anschluss externer Koppelnetzwerke sein. Zur Einkopplung am Ethernetstecker kann die Gehäusemasse des Notebooks verbunden werden, es muss jedoch sichergestellt sein, dass diese zum Netzteil galvanisch verbunden ist und nicht unterbrochen ist. Für die Surgekopplung in ungeschirmte Ethernetleitungen werden spezielle High-Speed Koppelnetzwerke verwendet, die den Surge asymmetrisch einkoppeln. Besonders zur korrekten Durchführung der Surgeprüfung müssen Schnittstellen eindeutig definiert werden. Es stellt sich die Frage, ob ein Notebook im Akkubetrieb nach der IEC 61000-4-5 überhaupt als geschirmt angenommen werden kann, da nicht beide Schirmenden mit Erde verbunden sind – nicht verbunden sein können! Dies wird aber in der IEC 61000-4-5 gefordert. Wie ist diese geforderte Schirmanbindung zu verstehen? Als Anschluss an einen Geräteschirm, welcher mit PE verbunden ist? Oder ist auch eine Verbindung mittels Kondensator an eine geerdete GND-Plane zulässig, so wie das in Notebook-Netzteilen oft der Fall ist?

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

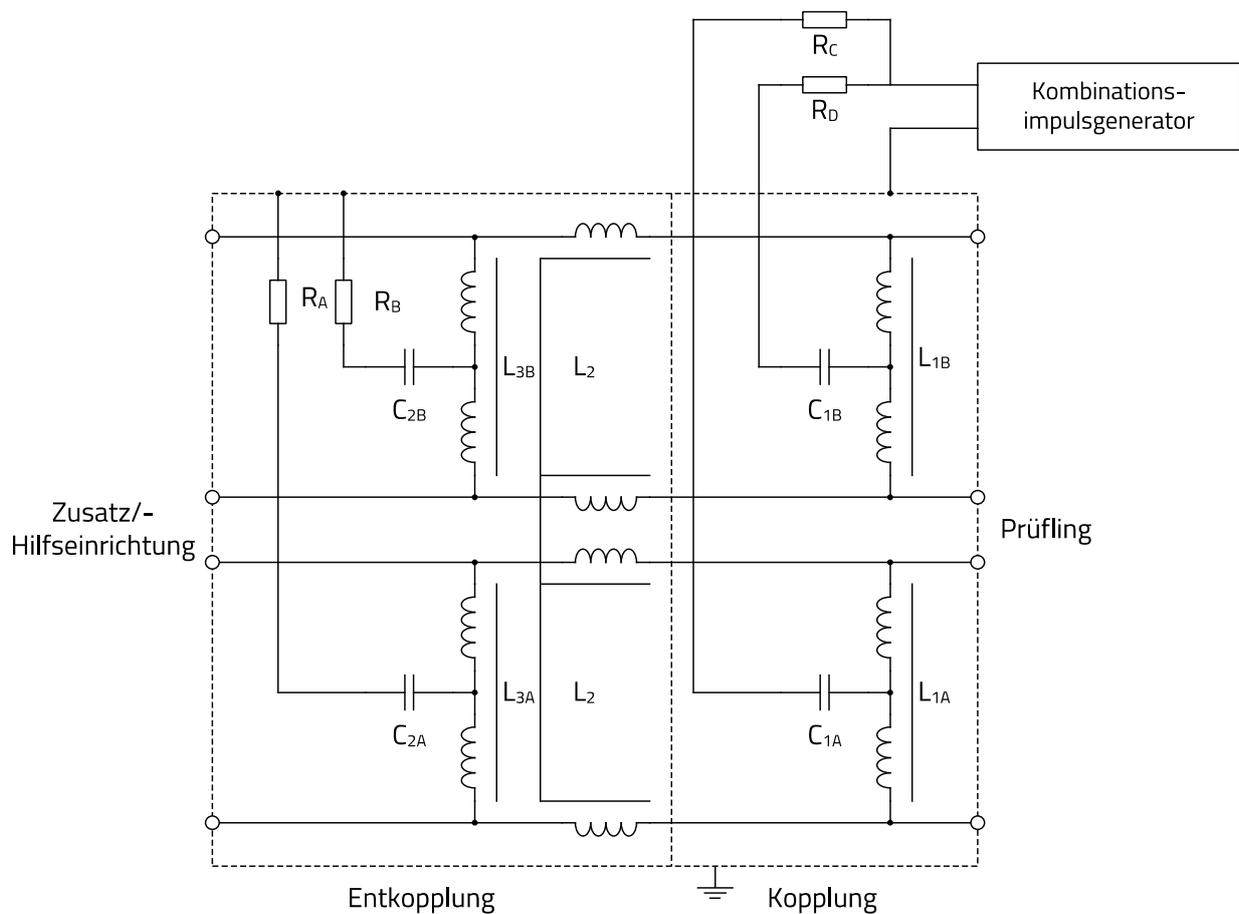


Abbildung 24: Surgeprüfung auf ungeschirmte Ethernetkabel. Oben: der normative Aufbau des Koppelnetzes nach DIN EN 61000-4-5:2014+A1:2017; Unten: die Umsetzung des Aufbaus mit Highspeed Koppel-Entkoppelnetzwerk und zusätzlichem Schutzfilter für die Hilfseinrichtung

Bei einem Notebook mit einem Netzteil mit durchgeschleiftem PE ergibt sich, dass beide Betriebsfälle möglich sind und es empfiehlt sich beide Prüfungen durchzuführen.

2.3.5 61000-4-6 Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder (leitungsgeführte Störfestigkeit)

Die leitungsgeführte Störfestigkeit ist mit der gestrahlten Störfestigkeit aus dem vorstehenden Kapitel 2.3.2. verwandt und deckt dabei normalerweise den Frequenzbereich 150 kHz bis 80 MHz ab. Da es schwierig ist, niederfrequente Homogenfelder zu erzeugen, wurde ein schnittstellenbezogenes Prüfverfahren für Felder unter 80 MHz entwickelt. Hierbei wird angenommen, dass bei Störfeldern unterhalb 80 MHz die Leitungen als Antennen wirken und die Störungen einfangen. Die Störungen werden im Prüfaufbau deshalb direkt ins Gerät auf der Leitung mittels CDN (Coupling Decoupling Network) eingekoppelt.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

Es werden auch alternative Koppelverfahren mittels Stromzange oder EM-Koppelstrecke in der Basisnorm aufgezeigt. Allerdings können diese Verfahren nicht uneingeschränkt verwendet werden, da die Kalibrierung in einem 150Ω System vorgenommen wird. Wenn möglich, sollte die Prüfung mit CDN durchgeföhrt werden. Werden Stromzange oder EM-Koppelstrecke verwendet, muss zur Prüfung mit dem korrekten Prüfpegel eine 150Ω Systemimpedanz sichergestellt sein.

Der Prüfaufbau kann der Fachgrundnorm IEC 61000-4-6 entnommen werden. Der bevorzugte Aufbau mittels CDN ist in Abbildung 25 gezeigt. Die Umsetzung mit dem Notebook ist der Abbildung 26 zu entnehmen. Es sind Schnittstellen mit vorgesehenen Leitungslängen über 3 m zu prüfen. Da aus Gründen der Übersicht die USB-Schnittstelle im Beispiel auf unter 3 m definiert wurde, wird hier keine Prüfung durchgeföhrt. Für den Fall das in einer Applikation USB-Schnittstellen mit längeren Leitungen möglich sind, müsste diese auch mittels CDN geprüf werden. An Netzwerke angeschlossene Schnittstellen müssen generell geprüf werden, da hier von langen Leitungen auszugehen ist. Der Prüfling wird über der Referenzmasse auf 10 cm hohe Styrodurplatten gestellt. Das Störsignal wird im Common Mode in die zu prüfenden Leitungen in der CDN (CDN 2 in Abbildung 25) gegen die Referenzmassfläche eingekoppelt. Eine weitere CDN im Prüfaufbau wird mit 50Ω (T in Abbildung 25) abgeschlossen, wobei der 61000-4-6 zu entnehmen ist, nach welcher Reihenfolge vorgegangen wird, um diese CDN auszuwählen. Das eingekoppelte Störsignal „durchströmt“ dann den Prüfling, ausgehend von CND2 hin zur CDN1, die mit 50Ω abgeschlossen sind. Die Bezugsmassefläche ist der Rückkoppelpfad. Ein weiterer Rückkoppelpfad ist die Kapazität zwischen Prüfling und der Referenzmassfläche.

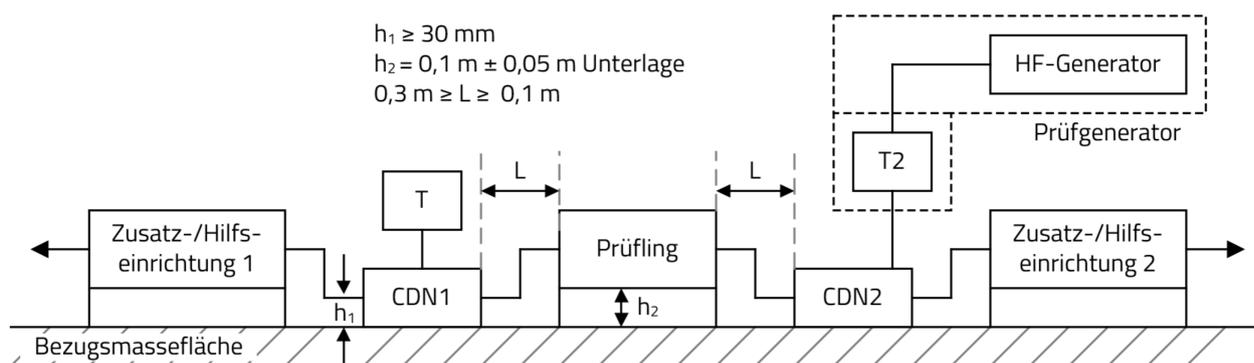


Abbildung 25: Aufbau zur Prüfung der leitungsgeföhrt Störfestigkeit nach DIN EN 61000-4-6:2014-08

Die Betriebszustände und das Monitoring erfolgen analog zu der gestrahlten Störfestigkeitsprüfung. Gleiches gilt für Bewertungskriterium, Einwirkzeit und Prüfsignal.



Abbildung 26: Aufbau der leitungsgeföhrt Störfestigkeitsprüfung am Notebook

Im Testaufbau wird, wie auch bei der Burstprüfung, die DC-Leitung zwischen Netzteil und Notebook nicht geprüf, da die Leitungslänge kleiner als 3 m ist. Analog zur Burst- und Surgeprüfung kann der Prüfaufbau auf dem leitenden Boden des Schirmraums aufgebaut werden.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

2.3.6 61000-4-11 Spannungseinbrüche und Unterbrechungen

Die Prüfung der Spannungseinbrüche und Unterbrechungen werden am Niederspannungsnetzanschluss des Prüflings durchgeführt. Am Prüfgenerator können die geforderten zeit- und spannungsabhängigen Parameter eingestellt werden und der Generator schaltet dann im richtigen Phasenwinkel von 230 V_{AC} auf die reduzierten Spannungen und zurück.

Die Prüfung stellt lokale Spannungseinbrüche im Niederspannungsnetz nach. Beispielsweise soll ein Computer weiterhin störungsfrei betrieben werden können, wenn eine Kreissäge im nahen Netzanschlussbereich mit hohem Strom anläuft und deshalb die Netzspannung durch den hohen Anlaufstrom der Säge kurzzeitig einbricht. Bei kurzzeitigen Netzausfällen durch Schaltvorgänge im Netz oder beim Ziehen des Netzsteckers (Unterbrechungen) dürfen Geräte nicht beschädigt werden und müssen beim erneuten Anlegen einer Netzspannung vom Benutzer wiedereinschaltbar sein.

Teilweise wurde schon beobachtet, dass aktive PFC Schaltungen in Netzteilen bei kurzzeitigen Unterbrechungen von der Länge einer Sinushalbwellen beschädigt wurden, da die interne Regelung nicht stabil war und die kurzzeitige Unterbrechung zu einem Schaltfehler führte. Normalerweise ist bei einphasigen Geräten mit keiner Reaktion des Prüflings zu rechnen, wenn das Netzteil richtig dimensioniert ist. Bei Weitbereichsnetzteilen, die auch für den amerikanischen Markt vorgesehen sind, ist ein Einbruch der Spannung im europäischen Netz normalerweise unkritisch. Aber auch hier gibt es gelegentlich Netzteile, die bei einer Spannungsunterbrechung vom „230 V“ – Modus auf „110 V“ schalten und nachdem die Spannung vom Prüfgenerator wieder auf 230 V angestiegen ist, im „110 V-Modus“ verharren, bis sie letztendlich durchbrennen. Die folgende Tabelle 4 zeigt die Anforderung der Fachgrundnorm an die Störfestigkeit gegenüber Spannungseinbrüchen.

4.2	Spannungseinbrüche	0		% Restspannung	IEC 61000-4-11	Spannungssprung beim Nulldurchgang	B
		1		Zyklen	IEC 61000-4-34		
		40	70	% Restspannung			C
		10/12 bei 50/60 Hz	25/30 bei 50/60 Hz	Zyklen			
4.3	Spannungsunterbrechungen	0		% Restspannung	IEC 61000-4-11	Spannungssprung beim Nulldurchgang	C
		250/300 bei 50/60 Hz		Zyklen	IEC 61000-4-34		

Tabelle 4: Anforderung an die Störfestigkeit gegenüber Spannungseinbrüchen nach der Fachgrundnorm DIN EN IEC 61000-6-2

Bei kurzen Unterbrechungen bis zu einer Sinushalbwellen muss der Prüfling Kriterium B erfüllen, bei längeren Spannungseinbrüchen Kriterium C.

Beim Test des Notebooks wird der Akku entfernt, sodass nicht auf den internen Akku während der Störeinwirkung umgeschaltet wird.

Aus den Anforderungen an Spannungs-Unterbrechungen und -Einbrüchen geht hervor, dass Produkte, die für den europäischen Markt vorgesehen sind, hart vom Stromnetz getrennt werden können, ohne dass Beschädigungen am Produkt auftreten. Dies entspricht auch dem Herausziehen des Netzsteckers im Betrieb. Bei Spannungseinbrüchen und Aussetzern einer Sinushalbwellen darf der Betrieb eines Geräts gestört sein, der Betriebsmodus darf sich jedoch nicht dauerhaft ändern und nach dem Spannungs-Aussetzer muss das Gerät wieder bestimmungsgemäß und ohne Datenverluste arbeiten.

03. FAZIT

In der Appnote wurden die zivilen EMV-Prüfungen anhand eines Notebooks aufgezeigt und Besonderheiten bei den Prüfungen erläutert. Auf die auch im EMV-Portfolio enthaltenen Netzteil-spezifischen Flicker- und Oberwellenprüfungen wurde hier nicht eingegangen. Die Prüfungen sind in der Regel hinsichtlich des Aufbaus und der Durchführung unkritisch.

Es zeigt sich, dass eine intensive Vorbereitung des Produkts zur EMV-Prüfung sinnvoll ist, sodass die benötigten Monitoring-Funktionen und Betriebsmodi des Prüflings effektiv geprüft werden können. Die Herkunft der geprüften EMV-Phänomene stammt aus realen physikalischen Effekten, die zu einer Funktionseinschränkung der Geräte im Feld führen können. Das Einhalten der EMV-Anforderungen führt zu einer Reduktion von Ausfällen der Geräte durch Störfestigkeitsprobleme und einem effektiven Schutz der begrenzt zur Verfügung stehenden Ressource „Funkspektrum“. So ist letztendlich die EMV als ein kostbares Qualitätsmerkmal für den Benutzer der Produkte zu sehen.

APPLICATION NOTE

ANP106 | EMV-Konformität für CE von Elektronikprodukten

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht. Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten

werden hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt. Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes
www.we-online.com/app-notes



REDEXPERT Design Plattform
www.we-online.com/redexpert



Toolbox
www.we-online.com/toolbox



Produkt Katalog
www.we-online.com/produkte

KONTAKTINFORMATION



appnotes@we-online.de
Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg
Germany
www.we-online.com