

Die neue IEC 61000-4-31 in Theorie und Praxis

Dr. Ralf Heinrich, Ametek CTS Europe, Landsberger Str. 255, 12623 Berlin, Deutschland

1 Einleitung

Mit der Nutzung von Netzleitungen für Datenübertragung und aufgrund anderer Technologien können auf Netzleitungen nicht nur die üblicherweise betrachteten unsymmetrischen Störsignale sondern auch symmetrische Störsignale auftreten. Diese werden durch eine Prüfung der leitungsgeführten Störfestigkeit nach IEC 61000-4-6 möglicherweise nur unzureichend oder gar nicht berücksichtigt.

Daher wurde mit der IEC 61000-4-31 [1] eine neue Norm entwickelt, die eine Störfestigkeitsprüfung mit symmetrischen Breitbandsignalen im Frequenzbereich von 150 kHz – 80 MHz beschreibt und damit die Prüfung gegenüber unsymmetrischen Störsignalen nach IEC 61000-4-6 ergänzt. Hinsichtlich des Frequenzbereiches ist die neue Norm in gewisser Weise eine Fortsetzung der IEC 61000-4-19, die ebenfalls eine Prüfung gegenüber differentiellen Störsignalen beschreibt, jedoch aufgrund des tieferen Frequenzbereiches mit anderen Prüfverfahren.

Die Normentwicklung der IEC 61000-4-31 wurde begleitet durch verschiedene Untersuchungen hinsichtlich geeigneter Prüfverfahren zur Nachbildung bekannter Störphänomene, Realisierungsmöglichkeiten der Prüfsignalerzeugung und der erforderlichen Koppelinrichtungen sowie der praktischen Anwendung.

2 Prüftechnik

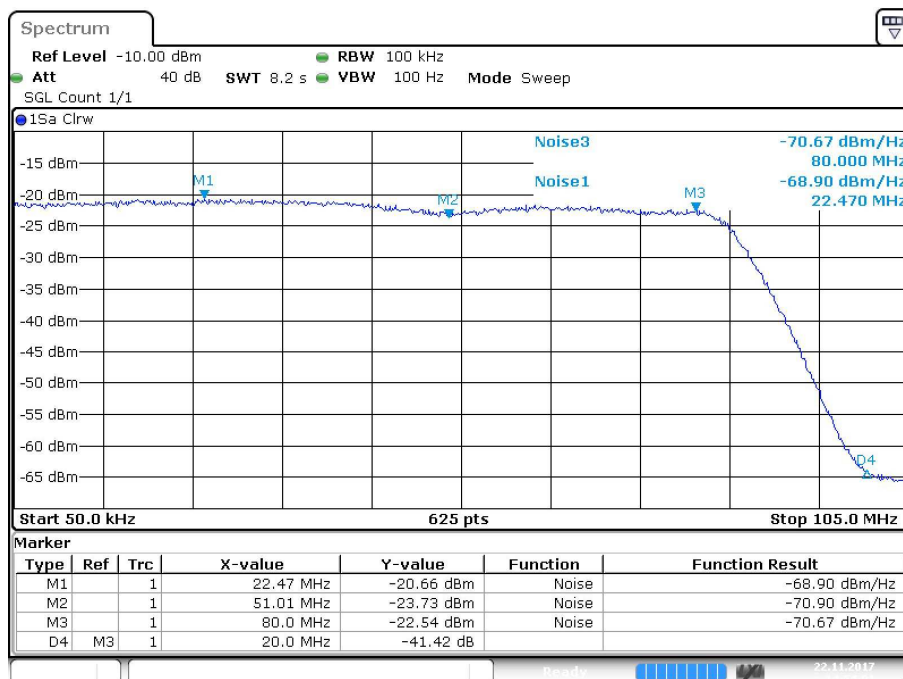
2.1 Generator

Für eine Störfestigkeitsprüfung nach 61000-4-31 benötigt man im Wesentlichen einen Testgenerator, der den Prüfpegel in Form eines breitbandigen Rauschsignals bereitstellt und ein Koppelnetzwerk zur Erzeugung des symmetrischen Prüfsignals zur Einkopplung in den Prüfling.

Während der Normentwicklung wurden verschiedene Technologien zur Erzeugung von Breitbandsignalen in Betracht gezogen und untersucht. Annex B der IEC 61000-4-31 gibt dazu nähere Informationen. Als Prüfsignal wurde ein bandbegrenzt weißes Rauschen in Kombination mit einer Pulsmodulation ausgewählt, da damit die wesentlichen praktisch auftretenden Störquellen mit einer Signalquelle simuliert werden können und sich dadurch ein sinnvoller Kompromiss zu dem technologischen Aufwand und Komplexität der Prüftechnik ergibt.

Der Testgenerator besteht aus den nachfolgenden Komponenten:

- Rauschgenerator zur Erzeugung eines breitbandigen Prüfsignals. Der Rauschgenerator enthält üblicherweise eine Pegelregelung zur Anpassung des Prüfpegels an die jeweiligen Prüferfordernisse. Die Bandbreite des Prüfsignals kann durch geeignete Bandfilter an die erforderlichen Frequenzbereiche angepasst werden.
- Verstärker zur Verstärkung des Rauschsignals auf das erforderliche Prüfpegelniveau. Der Verstärker sollte einen möglichst „glatten“ Frequenzgang haben, da der Frequenzgang des Verstärkers direkt das Ausgangssignal und dessen Frequenzgang beeinflusst. Für alle Komponenten der Prüfsignalerzeugung ist eine maximale Welligkeit des Frequenzganges von +/-3 dB zulässig.
- Filter. Das Filter dient der Bandbegrenzung des Prüfsignals. Dabei kommt es vor allem auf eine Bandbegrenzung an der oberen Frequenzgrenze an, da in diesem Bereich bei gleicher Flankensteilheit der Filter der relative Beitrag unerwünschter Rauschsignalenergie viel größer ist als am unteren Bandende. Hinzu kommt, dass ein Filter zur Bandbegrenzung des Rauschgenerators häufig nicht ausreichend ist, da auch das Verstärkerrauschen einen signifikanten Beitrag zur gesamten Prüfsignalenergie leisten kann, was mit einem Filter am Ausgang des Verstärkers entsprechend unterdrückt werden muss. Die normative Anforderung für ein Prüfsignal mit 80 MHz Bandbreite ist mindestens 20 dB Abfall des Prüfsignalpegels bei 100 MHz. Für ein Prüfsignal mit 30 MHz Bandbreite soll der Prüfpegel bei 37,5 MHz bereits um mindestens 20 dB kleiner sein.



Date: 22.NOV.2017 14:54:01

Bild 1: Ausgangssignal eines Testgenerators für IEC 61000-4-31

Bild 1 zeigt ein Beispiel eines Prüfsignals am Ausgang des Testgenerators. Die Welligkeit des Frequenzganges liegt bei ca. +/- 1 dB, der Abfall des Rauschsignals an der oberen Bandgrenze bei >40 dB.

2.2 Koppelnetzwerk

Das Koppelnetzwerk CDND (coupling decoupling network for differential mode) dient zur Einkopplung des Prüfsignals, wobei das Prüfsignal unsymmetrische und symmetrische Signalanteile haben soll. Diese Eigenschaft wird über das LCL (longitudinal conversion loss) definiert, was laut normativer Vorgabe 16 dB sein soll. Das LCL wird mit Hilfe einer Messbrücke gemessen. Bild 2 zeigt die Messergebnisse des LCL des CDND.

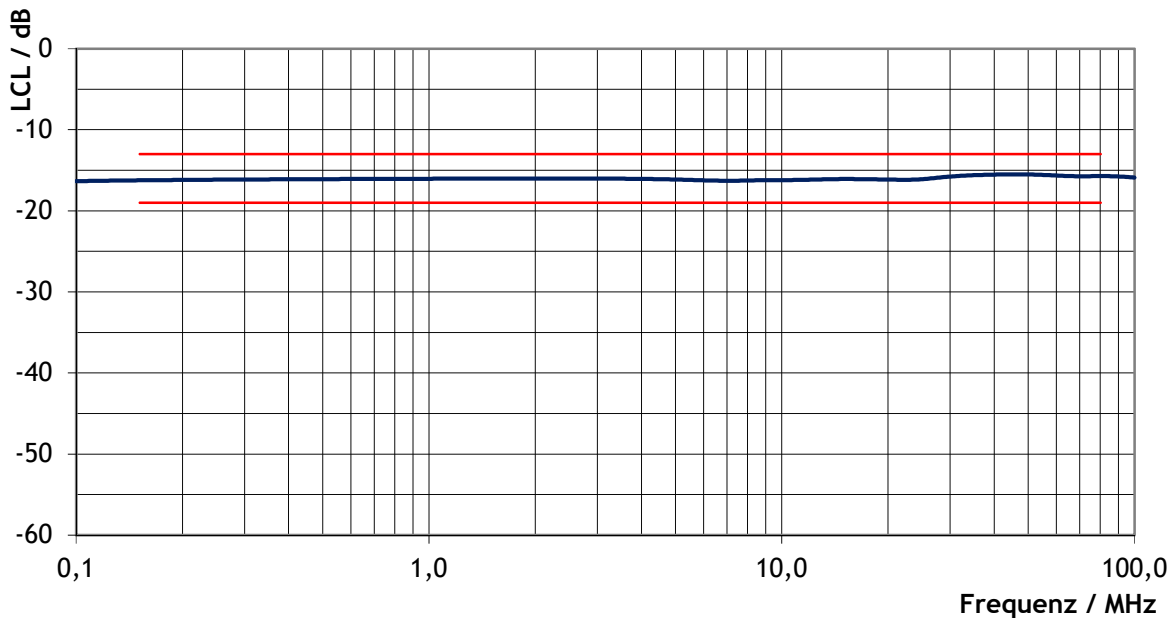


Bild 2: LCL des Koppelnetzwerkes

In Richtung der AE-Seite soll das CDND eine Entkopplung von mindestens 15 dB haben. Ein weiterer wichtiger Parameter des CDND ist der Frequenzgang. Da mit einem Breitbandsignal geprüft werden soll, wirkt der Frequenzgang des CDND ebenso wie auch der Frequenzgang des Generators direkt auf den Prüfpegel bei bestimmten Frequenzen. Daher soll der Frequenzgang des CDND +/-1 dB nicht überschreiten. Da der Frequenzgang am symmetrischen Ausgang des CDND gemessen werden muss und dabei auch der ggf. nicht bekannte Frequenzgang des Messbaluns in das Messergebnis mit eingeht, wurde ein Verfahren ähnlich der 3 Antennenmethode für die diesbezügliche Charakterisierung des CDND entwickelt. Dabei werden 3 Messungen entsprechend den Bildern 3 und 4 durchgeführt.

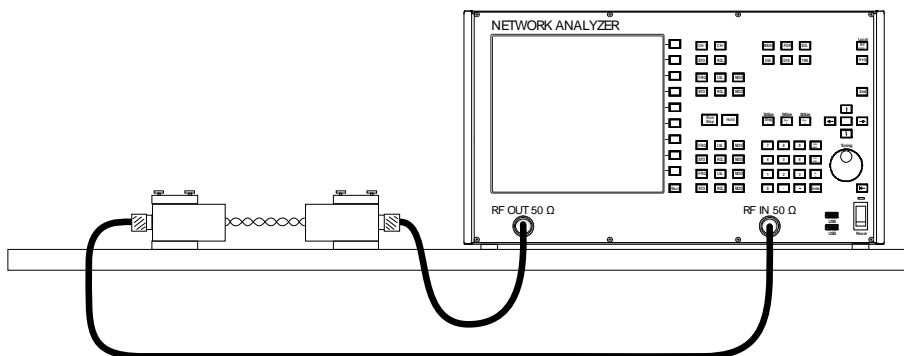


Bild 3: Summe der Einfügedämpfungen der Messbaluns 1 und 2

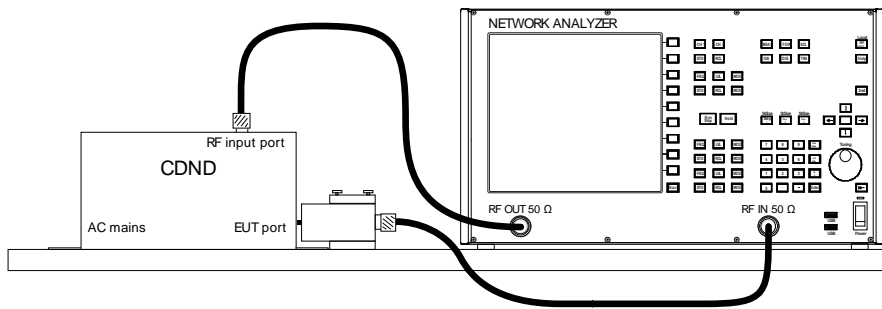


Bild 4: Summe der Einfügedämpfungen der Messbaluns 1 und CDND bzw. Messbalun 2 und CDND

Als Ergebnis erhält man die Messwerte von 3 Einfügedämpfungen, aus denen man nach nachstehenden Formeln die jeweiligen Parameter der einzelnen Komponenten berechnen kann.

Messbalun 1: $A_1 = 0,5 \cdot (A_{12} + A_{13} - A_{23})$

Messbalun 2: $A_2 = 0,5 \cdot (A_{12} + A_{23} - A_{13})$

CDND: $A_3 = 0,5 \cdot (A_{13} + A_{23} - A_{12})$

mit

A1 Einfügedämpfung des Messbaluns 1

A2 Einfügedämpfung des Messbaluns 2

A3 Einfügedämpfung des CDND

A12 Summe der Einfügedämpfungen der Messbaluns 1 und 2

A13 Summe der Einfügedämpfungen des Messbaluns 1 und CDND

A23 Summe der Einfügedämpfungen des Messbaluns 2 und CDND

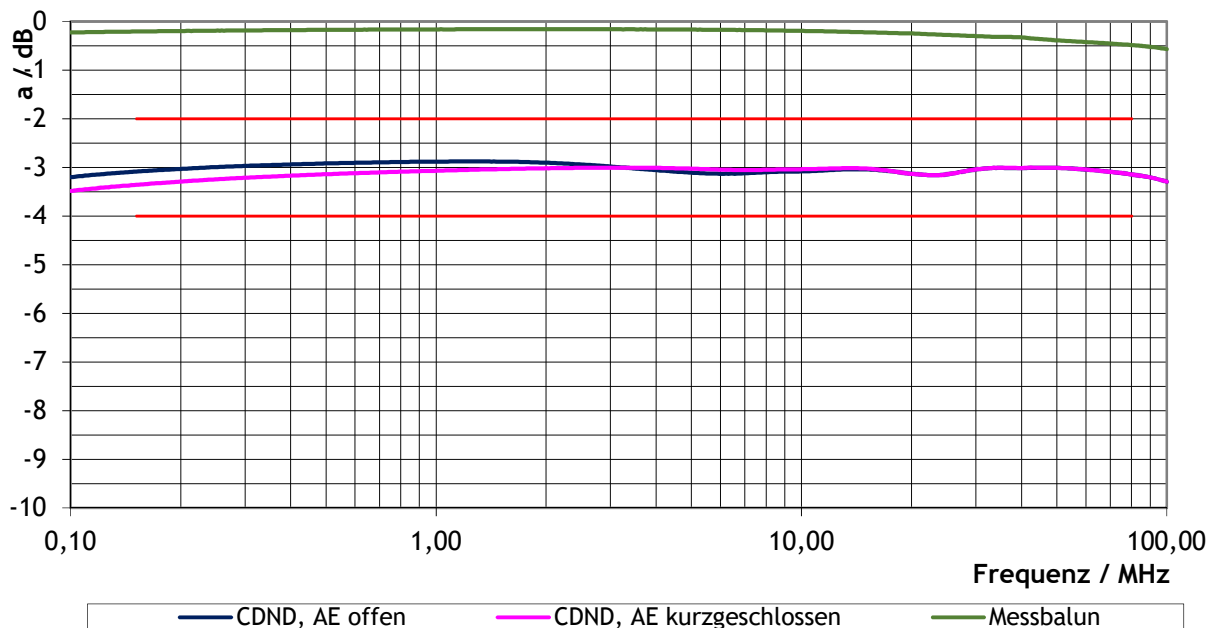


Bild 5: Frequenzganges des CDND

Bild 5 zeigt den Frequenzgang des untersuchten CDND. Die Einfügedämpfung liegt bei ca. 3 dB und die Welligkeit bei weniger als $\pm 0,5$ dB. Damit ist die zulässige Toleranz von ± 1 dB (siehe rote Grenzwertlinien) unabhängig von der Impedanz an der AE-Seite gut eingehalten. In Bild 5 ist weiterhin der Frequenzgang des Messbaluns zu sehen, der die Anforderung von <1 dB maximaler Einfügedämpfung ebenfalls sehr gut einhält. Insgesamt sind für die Welligkeit des Frequenzganges der Koppelinrichtung bestehend aus CDND und Messbalun ± 3 dB zulässig, was angesichts der Messergebnisse als eine recht großzügige Toleranz erscheint.

3 Anwendung

3.1 PrüfpegelEinstellung

Für die praktische Anwendung muss zunächst eine Einregelung des Prüfpegels vorgenommen werden. Dazu wird ein Messaufbau entsprechend Bild 6 verwendet. Das CDND wird an den Generator angeschlossen und am EUT-Anschluss mit dem Messbalun verbunden. Am Ausgang des Messbaluns wird ein Leistungsmesser oder Spektrumanalysator zur Messung des Prüfpegels angeschlossen. An der AC-Mains-Seite wird das CDND über einen weiteren Messbalun mit 50 Ohm abgeschlossen. Zur Einregelung des Prüfpegels wird der Generatorpegel entsprechend variiert bis der gewünschte Prüfpegel am EUT-Ausgang mit dem Leistungsmesser gemessen werden kann. Für den späteren Test wird der bei der Einregelung ermittelte Generatorpegel wieder eingestellt.

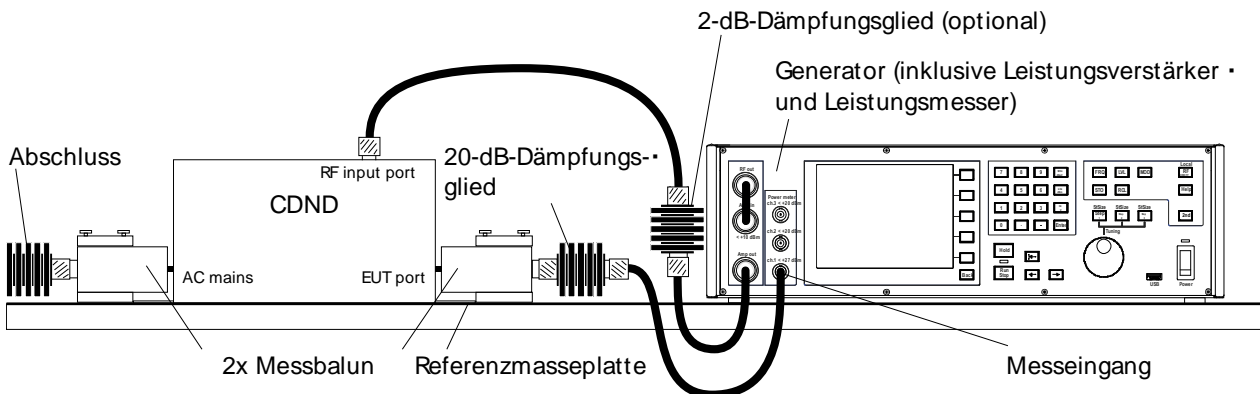


Bild 6: Messaufbau zur PrüfpegelEinstellung

In Abhängigkeit vom Prüfpegel kann ein Dämpfungsglied zur Pegelanpassung an den Dynamikbereich bzw. maximalen Eingangspegel des Leistungsmessers erforderlich sein, wie in Bild 6 dargestellt ist (20 dB Dämpfungsglied). Darüber hinaus kann ein weiteres Dämpfungsglied (2 dB Dämpfungsglied in Bild 6) erforderlich sein, um bei eventueller Fehlanpassung des Prüflings ein Stehwellenverhältnis von <2 am Ausgang des Generators sicherzustellen. Nominell wird von einer symmetrischen Impedanz des Prüflings von 100 Ohm ausgegangen. Das ist in der Praxis häufig nicht der Fall. Dadurch ergibt sich eine Fehlanpassung am CDND, welche sich am Ausgang des Generators bemerkbar macht. Durch die Einfügedämpfung des CDND ergibt sich bereits eine geringfügige „Zwangsanpassung“, die jedoch bei größerer Fehlanpassung des Prüflings nicht ausreichend ist. In der Praxis konnte mit einem zusätzlichen Dämpfungsglied von 2-3 dB auch bei extremer Fehlanpassung des Prüflings eine hinreichende Anpassung zur

Einhaltung des geforderten Stehwellenverhältnisses von <2 am Ausgang des Generators erreicht werden.

3.2 Testdurchführung

Die Testdurchführung erfolgt mit ähnlichen Prüfaufbauten wie bei der IEC 61000-4-6. Für alle AC Versorgungsleitungen wird ein CDND verwendet, die übrigen Leitungen werden mit CDNs nach IEC 61000-4-6 abgeschlossen, wobei nur ein CDN bzw. CDND mit 50 Ohm terminiert wird. Details zu den Prüfaufbauten in Abhängigkeit vom Prüfling sind in [1] zu finden.

Für die Prüfung wird der bei der Pegelregelung ermittelte Pegel am Generator eingestellt. Die Prüfzeit bzw. Haltezeit des Prüfpegels wird, wie auch bei anderen Störfestigkeitsnormen üblich, nach der erforderlichen Reaktionszeit des Prüflings gewählt, mindestens jedoch 60 s. Insgesamt ist die Prüfzeit jedoch trotzdem vergleichsweise kurz, da man durch die Verwendung des Breitbandsignals den gesamten Frequenzbereich in einem Schritt testet.

4 Anwendungsbeispiele

4.1 Netzteil

Als Anwendungsbeispiel wurden im ersten Schritt zwei verschiedene Netzteile untersucht. Dazu gehörten ein Steckernetzteil (Schaltnetzteil, Netzteil 1) und ein Schaltnetzteil für mehrere DC Versorgungsspannungen (Netzteil 2). Motivation für die Auswahl dieser Prüflinge war die Überlegung, dass Netzteile leicht als Einfallstor für Störungen auf Netzleitungen dienen können. Bild 7 zeigt einen Versuchsaufbau mit Generator, CDND und Prüfling.

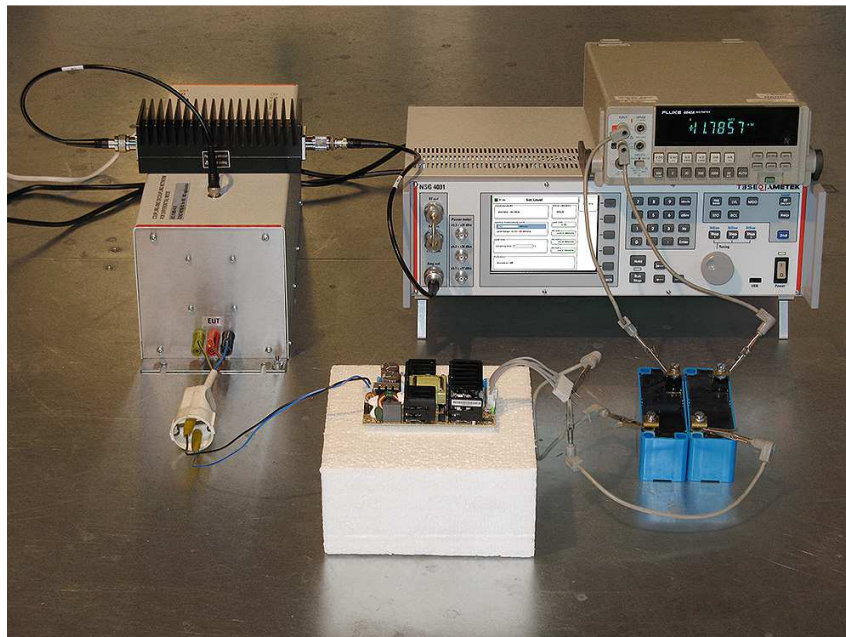


Bild 7: Versuchsaufbau zur Störfestigkeitsprüfung nach IEC 61000-4-31 mit Generator, CDND und einem Schaltnetzteil als Prüfling

Bei der Durchführung der Störfestigkeitsprüfung hatte sich gezeigt, dass das Multimeter zur Überwachung der Ausgangsspannung des Netzteils in erheblichem Maße von der Prüfstörgröße beeinflusst wurde, so dass teilweise erhebliche Fehlmessungen auftraten. Verschiedene Multimeter zeigten unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber der Prüfstörgröße. Mit einem geeigneten Multimeter und einer zusätzlichen symmetrischen Entkopplung bestehend aus 2 Drosseln und symmetrischen Filtern konnten die Fehlmessungen minimiert werden.

Prüfpegel dBm/Hz	Ausgangsspannung Netzteil 1 ohne Last	Ausgangsspannung Netzteil 1 mit 470 Ohm Last	Ausgangsspannung Netzteil 2 mit/ohne Last
-70	8,96 V	8,96 V	11,78 V
-50	8,88 V	8,95 V	11,78 V
-45	8,75 V	8,92 V	11,78 V
-40	8,47 V	8,84 V	11,78 V
-38	8,30 V	8,78 V	11,78 V

Tabelle 1: Messergebnisse der Ausgangsspannung der untersuchten Netzteile

Tabelle 1 zeigt die Messergebnisse der Ausgangsspannungen der beiden Netzteile. Beim Netzteil 1 sinkt die Ausgangsspannung mit steigender Störspannung. Dieser Effekt ist im Leerlauf deutlich sichtbar, die Störanfälligkeit sinkt jedoch mit steigender Last am Ausgang des Netzteils. Bei einem weiteren Netzteil war ein ähnlicher Effekt zu beobachten. Das Netzteil 2 zeigte keine Beeinflussung.

Leider stand von den untersuchten Netzteilen kein Schaltplan zur Verfügung, so dass eine Analyse der Störwirkung nur anhand von prinzipiellen Regelmechanismen im Schaltnetzteil durchgeführt werden konnte. Der vermutliche Wirkungsmechanismus der Störgröße besteht darin, dass die am Ausgang des Netztes messbare Störspannung auf den Regelkreis der Ausgangsspannung wirkt. Durch die Störspannung wird dabei eine vermeintlich höhere Ausgangsspannung suggeriert, wodurch die tatsächliche Ausgangsspannung mit steigender Störgröße heruntergeregelt wird. Damit sinkt die Ausgangsspannung des Netzteils mit steigender Störspannung. Die Störwirkung ist im Leerlauf am größten und sinkt mit steigender Last.

4.2 Netzwerkverbindung über Powerline

Als weiteres Anwendungsbeispiel wurde eine Netzwerkverbindung über Powerline untersucht. Dazu wurde eine Netzwerkverbindung über Powerline zwischen zwei PCs hergestellt. Bild 8 zeigt den Versuchsaufbau.

Zum Test wurde ein Ping zum anderen PC gesendet und die Antwortzeit ausgewertet. Tabelle 2 fasst die Ergebnisse zusammen. Ohne Störsignal lag die Antwortzeit typischerweise bei 5-7 ms. Eine Störbeeinflussung war ab einem Prüfpegel von -60 dBm/Hz anhand der signifikant längeren Antwortzeiten sichtbar. Ab einem Prüfpegel von -56,5 dBm/Hz traten teilweise Aussetzer der Kommunikation auf und bei -56dBm/Hz und höher kam sie komplett zum Erliegen.

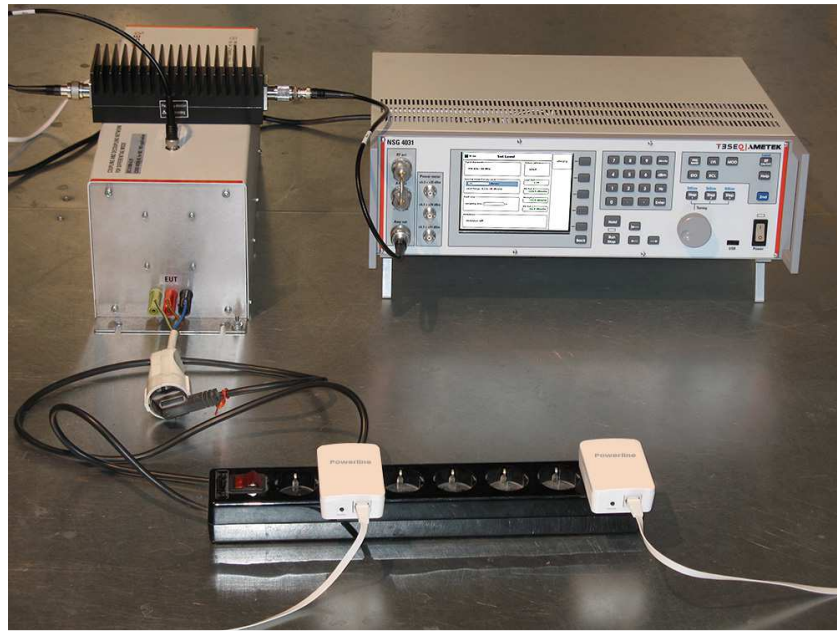


Bild 8: Versuchsaufbau zur Störfestigkeitsprüfung von Powerlineadaptern

Prüfpegel in dBm/Hz	Antwortzeit
ohne	5-7 ms
-65	5-9 ms
-60	< 350 ms
-57	< 500 ms
-56,5	<1400 ms, gelegentlich time out
> -56	time out

Tabelle 2: Antwortzeiten in Abhängigkeit vom Prüfpegel

5 Zusammenfassung

Die IEC 61000-4-31 ist eine neue Norm, die im Frequenzbereich von 150 kHz bis 80 MHz Störfestigkeitsprüfungen mit symmetrischen Breitbandsignalen auf Netzleitungen beschreibt. Die Prüfaufbauten sind ähnlich wie bei IEC 61000-4-6. Mit den Anwendungsbeispielen wurde eine mögliche Störbeeinflussung aufgezeigt. Die produktspezifische Anwendung der Norm obliegt den einschlägigen Produktkomitees.

Literaturangaben

[1] IEC 61000-4-31: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-31: Testing and measurement techniques - AC mains ports broadband conducted disturbance immunity test, Edition 1.0, 2016-07