

# Kopplungs­dämpfung und Burstprüfung an symmetrischen Kabeln

Ralf Damm, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH Asslar, Germany

[ralf.damm@bda-c.com](mailto:ralf.damm@bda-c.com), [bernhard.mund@bda-c.com](mailto:bernhard.mund@bda-c.com)

Ralf Tillmanns, Weidmüller Interface GmbH & Co. KG, Detmold, Deutschland

[ralf.tillmanns@weidmueller.com](mailto:ralf.tillmanns@weidmueller.com)

## Kurzfassung

Unter dem Begriff SPE wird die neue Single Pair Ethernet-Technologie auf Basis von Übertragungsstandards nach IEEE 802.3 beschrieben. Neben guten Übertragungseigenschaften wird für SPE-Kabel, SPE-Steckverbinder und SPE-Verkabelungssysteme hier eine hohe elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ab 100 kHz gefordert.

Der Nachweis einer entsprechend hohen EMV (Einstrahlung und Abstrahlung) kann durch die Messung der Kopplungs­dämpfung (Coupling Attenuation, CA) bzw. der Messung der Kopplungs­dämpfung bei tiefen Frequenzen (Low Frequency Coupling Attenuation, LFCA) nach IEC 62153-4-7 bzw. nach IEC 62153-4-9 erfolgen.

Alternativ kann die Störfestigkeit von SPE-Komponenten mit der Burstprüfung nach IEC 61000-4-4 gemessen werden.

Der Zusammenhang zwischen den Prüfverfahren Koppeldämpfung und Burst soll untersucht werden. Die Kopplungs­dämpfung bewertet die Ergebnisse in dB und der Burst in max. zulässiger Spannung (KV). Hierbei stellt sich die Frage, ob bei gemessenen Koppeldämpfungen direkt die Burstwerte angegeben werden können. Am Beispiel der Applikation einer SPE 100 Base-T1 Anwendung wird der Zusammenhang zwischen der Koppeldämpfung und dem Burst untersucht und mathematisch beschrieben.

Der folgende Bericht beschreibt die Burstprüfung nach IEC 61000-4-4 sowie die Messung der Kopplungs­dämpfung nach IEC 62153-4-7/-4-9 an SPE-Kabeln, SPE-Steckverbindern und SPE-Verkabelungssystemen ab Frequenzen von 100 kHz.

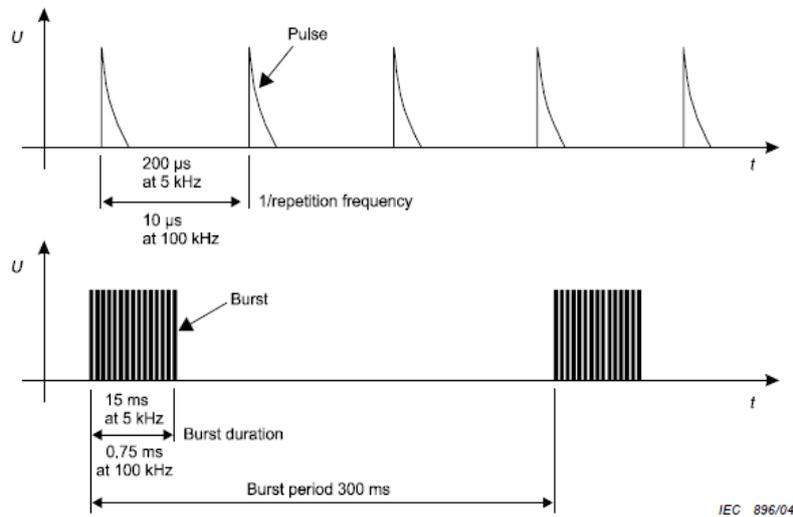
Die Korrelation der Messergebnisse von Burstprüfung und Kopplungs­dämpfung wird am Beispiel der Applikation 100Base-T1 dargestellt und diskutiert.

## 1 Burst Test

Der Test mit wiederkehrenden schnellen Transienten ist eine Prüfung mit Impulspaketen (Bursts), die aus einer Anzahl von schnellen transienten elektrischen Störgrößen bestehen, die an Stromversorgungs-, Steuer- und Signal- sowie Erdungs- bzw. Masseanschlüssen von elektrischen und elektronischen Geräten (Einrichtungen) kapazitiv eingekoppelt werden. Die Signalform ist durch die Amplitude, der Anstiegszeit und der Wiederhol­frequenz normativ festgelegt.

Die Form des Burstsignals (Bild 1) wird mit Hilfe eines Burstgenerators generiert und mit einer Koppelzange kapazitiv in das Verkabelungssystem eingekoppelt. Gleichzeitig werden Datenpakete über das Verkabelungssystem übertragen. Bewertungskriterien mit definierten

Grenzwerten sind in IEC 61000-6-2 beschrieben. Für den schnellen Transienten (Burst) liegt der Grenzwert für die Datensignalübertragung bei  $\pm 1$  kV mit dem Prüfkriterium B. Das bedeutet, dass die Amplitude des Burstsignals 1 kV beträgt. Dabei dürfen Datenpakete Fehler aufweisen, aber der Betrieb der Datenübertragung ist weiterhin in Funktion.

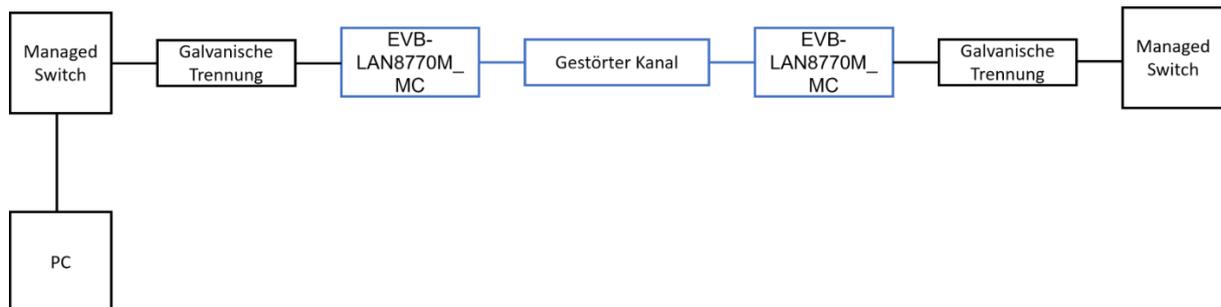


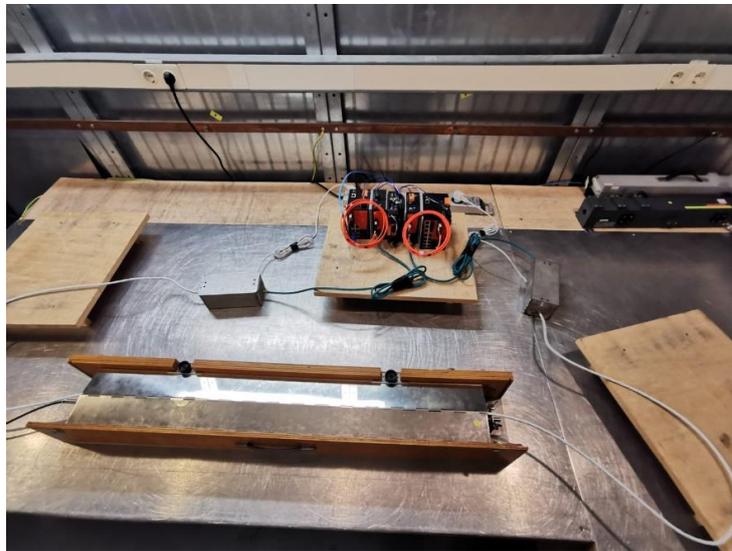
**Bild 1: Burstsignal (Bildquelle: IEC 61000-4-4)**

Mit dem Test soll die Auswirkung eines in der Nähe befindlichen Störers (z.B. Wechselrichter, Bürstenfeuer o.ä.) nachgebildet werden.

Der zur Burstprüfung benötigte Versuchsaufbau ist schematisch in Bild 2 dargestellt. Zunächst ist zur Prüfung ein kommunikationsfähiges Ethernet Netzwerk notwendig. Dieses besteht aus drei Netzwerkgeräten, einem PC und zwei Ethernet-Switches. Zwischen diesen Netzwerkgeräten wird eine Datenübertragung initiiert, sodass Datenpakete das gestörte Verkabelungssystem durchlaufen.

Da eine Single Pair Ethernet 100Base-T1 Applikation geprüft wird, ist zunächst eine Umsetzung auf SPE notwendig. Diese Umsetzung von 100Base-Tx auf 100Base-T1 wird von zwei Evaluation Boards durchgeführt.





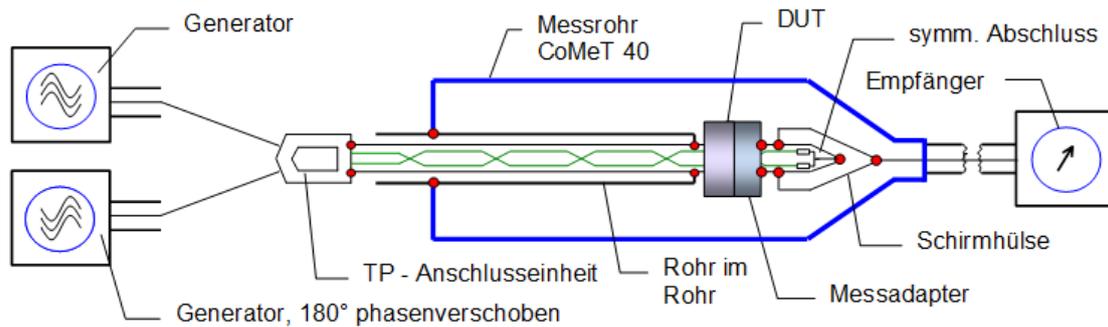
**Bild 2: Prüfaufbau Burstprüfung**

## 2 Kopplungsdämpfung

Die Kopplungsdämpfung geschirmter symmetrischer Paare beschreibt die gesamte Wirkung gegen elektromagnetische Interferenz (EMI) und berücksichtigt sowohl die Wirkung des Schirms als auch die Modenkonzersion bzw. die Unsymmetriedämpfung des Paares. In erster Näherung ergibt sich Kopplungsdämpfung  $a_c$  eines einzelnen symmetrischen Paares als Summe aus der Unsymmetriedämpfung  $a_u$  des Paares und der Schirmdämpfung  $a_s$  des Schirms zu:

$$a_c \approx a_u + a_{s,max}$$

Genormte Messverfahren für die Kopplungsdämpfung sind IEC 62153-4-7 & IEC 62153-4-9. Die Messung der Kopplungsdämpfung eines SPE Steckers nach IEC 62153-4-7 ist in Bild 3 dargestellt.



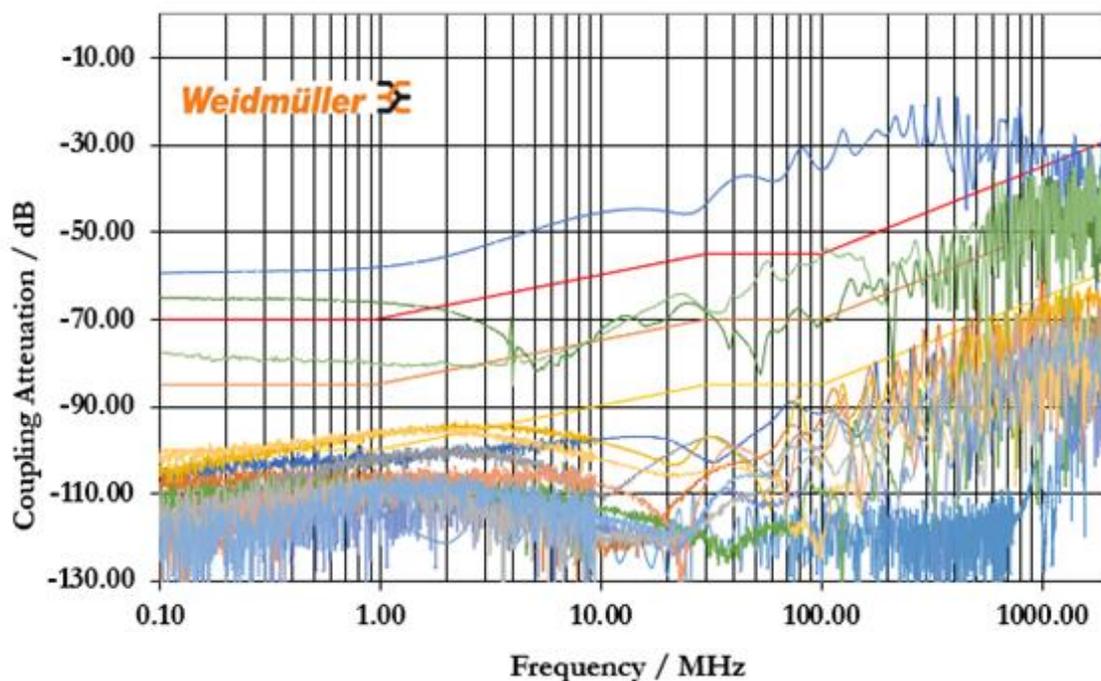
**Bild 3 - Kopplungsdämpfung eines SPE Steckers nach IEC 62153-4-7**

Die Messung der Kopplungsdämpfung von SPE Kabeln, SPE-Steckern und von konfektio-nierten SPE-Kabeln mit dem Triaxialverfahren ist in [1] ausführlich beschrieben.

### 3 Messergebnisse

#### 3.1 Kopplungsdämpfung

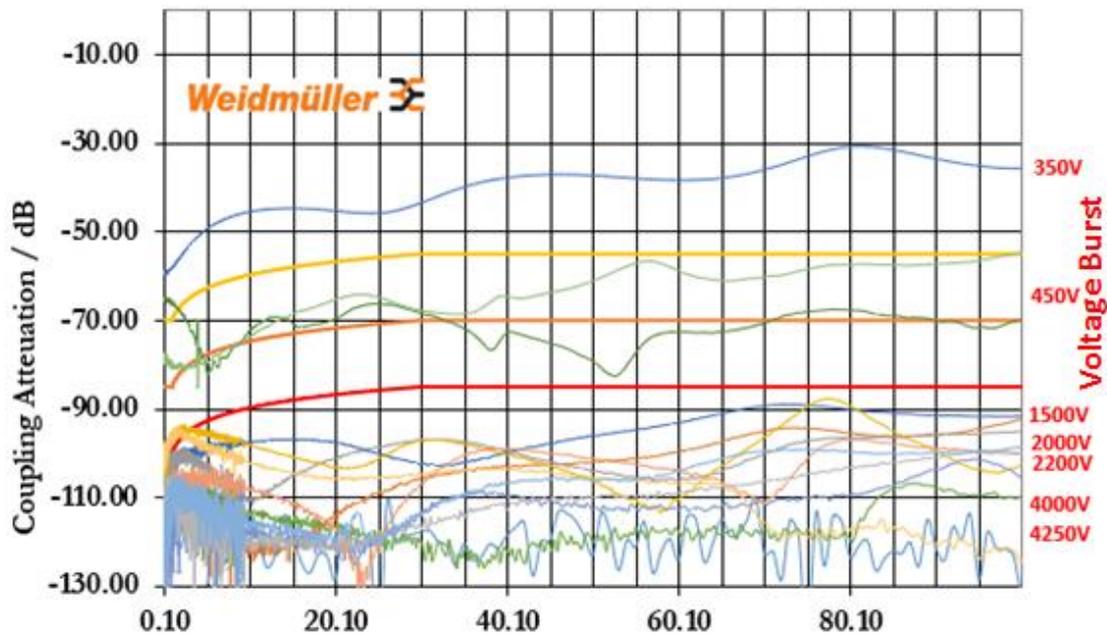
Messungen der Kopplungsdämpfung von SPE Kabeln sind in den Bild 4 dargestellt.



**Bild 4: Kopplungsdämpfung verschiedener SPE Kabel bis 2 GHz**

#### 3.2 Korrelation Kopplungsdämpfung / Burst

In Bild 5 sind Kopplungsdämpfungen verschiedener SPE Kabel bis 100 MHz zusammenge- stellt. Die Y-Achse rechts zeigt die Burst Spannungen, ab der eine Übertragung nach IEC 61000-6-2 nicht mehr möglich ist. Die maximale Burstspannung ist bei Kabeln mit hoher Kopplungsdämpfung entsprechend höher.



**Bild 5: Korrelation Kopplungsdämpfung / Burst**

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

- kein linearer Zusammenhang zwischen Kopplungsdämpfung und Burstprüfung
- Burstanforderung nur im E3 Bereich (MICE Umgebung)
- nur geschirmte SPE Kabel erfüllen E3
- ungeschirmte SPE Kabel erfüllen E1 & E2
- weitere Messungen werden durchgeführt
- eine mathematisch Beschreibung der Zusammenhänge ist wünschenswert
- Wiederholung mit der Applikation 10 Base-T1

#### Literatur

- [1] Ralf Damm, Bernhard Mund u.a.: EMV von SPE Steckern und Anschlusskabeln, Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel Verlag Würzburg, 04. - 06. Juli 2022
- [2] Helmut Reiter und Ralf Tillmanns: Untersuchungen zur geschirmten und ungeschirmten Verkabelung für 10BASE-T1, Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel Verlag Würzburg, 04. - 06. Juli 2022
- [3] T. Hähner, C. Pfeiler, B. Mund & T. Schmid: EMV – Parameter von einpaarigen Ethernet Kabeln, 28. ITG-Fachtagung Kommunikationskabelnetze - 14./15.12. 2021 in Köln

#### Normen

- [11] IEC TR 62153-4-1 – Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements
- [12] IEC 62153-4-7Ed3 – Test method for measuring of transfer impedance ZT and screening attenuation aS or coupling attenuation aC of connectors and assemblies up to and above 3 GHz - Triaxial tube in tube method
- [13] IEC 62153-4-9Ed2 – Coupling attenuation of screened balanced cables, triaxial method
- [14] IEC 61000-4-4 – Electrical fast transient/burst immunity test
- [15] IEC 61000-6-2 – Immunity for industrial environments