

Messen der Schirmwirkung von CATV-Kabeln und Empfängeranschluss-Schnüren

von Bernhard Mund, bedea Berkenhoff & Drebes GmbH

1 Einleitung

Koaxiale Kabel für Kabelverteilanlagen und SAT-Empfang (CATV-Kabel) sind in den Normen der Reihe EN 50117 beschrieben. Für Empfängeranschluss-Kabel gilt die Reihe EN 60966. Neben den mechanischen und elektrischen Eigenschaften sind in diesen Normen die Schirmungsklassen festgelegt.

Für störungsfreien TV-Empfang sowie gegen unerwünschte Abstrahlung aus Antennenanlagen wird mindestens die Schirmungsklasse A gefordert, bezüglich der möglichen 4G/LTE Problematik wird die Schirmungsklasse A+ empfohlen.

Als Messverfahren der Schirmwirkung gelten die Triaxialverfahren nach IEC 62153-4-n. Diese Messverfahren werden zurzeit bei IEC TC 46/WG5 überarbeitet. Die Änderungen dieser Normen sowie Verbesserungen des Triaxialverfahrens sind nachfolgend beschrieben.

2 Neue Normen für Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung

2.1 Änderungen der IEC 62153-4-3, Kopplungswiderstand

Der Kopplungswiderstand ist im Prinzip der Widerstand des Schirms über der Frequenz; er ist längenabhängig.

Die bisher geforderte Anpassung des Wellenwiderstandes des Prüflings an den Wellenwiderstand des Generators kann jetzt entfallen, Impedanzwandler sind nicht mehr erforderlich. Zur Mes-

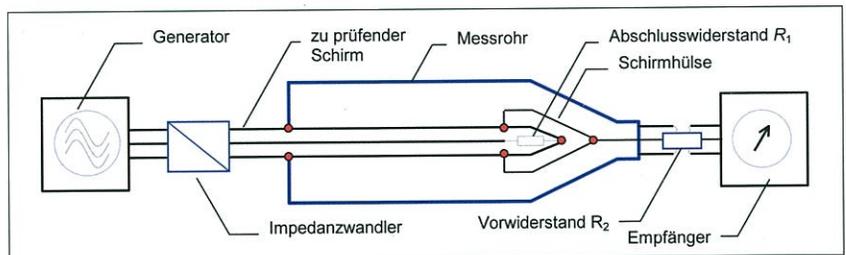


Bild 1: Prüfverfahren A: Angepasster innerer Kreis mit Vorwiderstand R_2 im Außenkreis

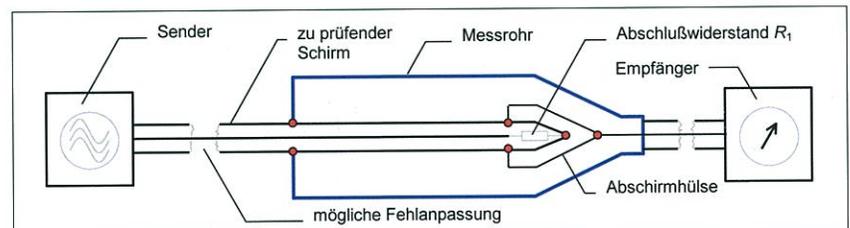


Bild 2: Prüfverfahren B: Fehlanpassung, innerer Kreis mit Abschlusswiderstand

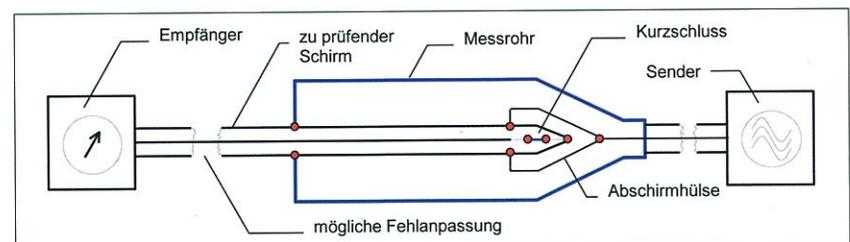


Bild 3: Prüfverfahren C: Fehlangepasst-Kurzschluss-Kurzschluss.

sung des Kopplungswiderstandes sind jetzt 3 Verfahren möglich, siehe Bilder 1 bis 3.

Empfohlen wird Verfahren B, mit dem sowohl Kopplungswiderstand als auch Schirmdämpfung mit dem gleichen Messaufbau gemessen werden können.

2.2 Änderungen der IEC 62153-4-4, Schirmdämpfung

Die Schirmdämpfung ist ein Maß für die Güte des Schirms. Sie ist das logarithmische Verhältnis von eingespeister Leistung P_1 zu abgestrahlter Leistung P_2 .

$$a_s = 10 \cdot \log(P_1/P_2) \text{ dB}$$

Einzelheiten sind in IEC 62153-4-4 beschrieben.

Bisher wurde die Schirmdämpfung bei angepassten Verhältnissen gemessen. Der Prüfling wurde mit seinem Wellenwiderstand abgeschlossen, der Generator wurde mit einem Impedanzwandler an den Wellenwiderstand des Prüflings angepasst.

Ausgabe 2 der IEC 62153-4-4 erlaubt jetzt sowohl die Messung mit Anpassung als auch mit Fehlanpassung zwischen Sender und Prüfling. Ein Impe-

| Frequenzbereich [MHz] | Grenzwert [dB] | | Messverfahren |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| | Klasse A+ | Klasse A | |
| Kopplungswiderstand | | | Triaxialverfahren |
| 5 bis 30 | $\leq 2,5 \text{ m}\Omega/\text{m}$ | $\leq 5 \text{ m}\Omega/\text{m}$ | IEC 62153-4-3 / 4-7 ¹⁾ |
| Schirmdämpfung | | | Triaxialverfahren |
| 30 bis 1 000 | ≥ 95 | ≥ 85 | IEC 62153-4-4 IEC 62153-4-7 ¹⁾ |
| 1 000 bis 2 000 | ≥ 85 | ≥ 75 | |
| 2 000 bis 3 000 | ≥ 75 | ≥ 65 | |
| 1) Für Empfängeranschluss-Schnüre gilt IEC 62153-4-7 | | | |

Tabelle 1: Schirmungsklassen für CATV-Kabel nach EN 50117 sowie für Empfängeranschlusskabel nach EN 60966

danzwandler ist nicht mehr erforderlich. Der Messaufbau nach Ausgabe 2 der IEC 62153-4-4 entspricht Bild 2.

Bei der Messung mit Fehlanpassung ist zunächst der Wellenwiderstand des Kabels bzw. des Prüflings zu ermitteln, z.B. mit dem „open-short“ Verfahren. Die Schirmdämpfung a_s ergibt sich bei Fehlanpassung und mit dem normalisierten Wert $Z_s = 150 \Omega$ zu:

$$a_s = 10 \times \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{r,max}} \right| = 10 \times \log_{10} \left| \frac{P_1}{P_{2,max}} \times \frac{2 \times Z_s}{R} \right|$$

$$= Env \left\{ -20 \times \log_{10} |S_{21}| + 10 \times \log_{10} |1 - r^2| + 10 \times \log_{10} \left| \frac{300 \Omega}{Z_1} \right| \right\}$$

dabei ist:

- P_1 eingespeiste Leistung in Watt
- $P_{r,max}$ gemessene maximale Leistung in Watt
- a_s Schirmdämpfung bezogen auf den normalisierten Wellenwiderstand der Umgebung von 150Ω in dB;

Env ist die minimale Hüllkurve der gemessenen Werte. in dB:

- r Reflexionsfaktor = $\left| \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0 + Z_1} \right|$
- Z_0 System-Wellenwiderstand in Ω , (üblicherweise 50Ω).
- Z_1 Wellenwiderstand des Prüflings, in Ω .

Der Term $|1 - r^2|$ stellt hier die Reflexionsdämpfung durch die Fehlanpassung zwischen Generator und Prüfling dar. Bei einer Fehlanpassung von 50Ω des Generatorwiderstand auf 75Ω des Prüflings ergibt sich Korrekturwert von ca. $0,17 \text{ dB}$.

3.4 Änderungen der IEC 62153-4-7, Rohr in Rohr Verfahren

Die Änderungen der IEC 62153-4-3, Kopplungswiderstand und der IEC 62153-4-4, Schirmdämpfung werden auch in den Teil 62153-4-7 übernommen.

Diskutiert wird hier noch der Einfluss von Messadaptern, z.B. zur Messung von Steckern und Empfängeranschluss-Kabeln. Messadapter sind vor der eigentlichen Messung zu qualifizieren; sie begrenzen die Messempfindlichkeit.

Zur Kalibrierung werden paarige Messadapter zusammengesteckt, an das Rohr in Rohr-System angeschlossen und mit den gleichen Einstellungen wie während der Prüfung gemessen.

Bei Anschlusskabeln mit paarigen Steckern (Stecker und Buchse) ist es u.U. einfacher, das Anschlusskabel zu zerschneiden und Stecker und Buchse miteinander zu verbinden und nach IEC 62153-4-7 zu messen. Damit wird der Einfluss der Messadapter eliminiert. In Zweifelsfällen ist dieses Verfahren dem Verfahren mit Adaptern vorzuziehen.



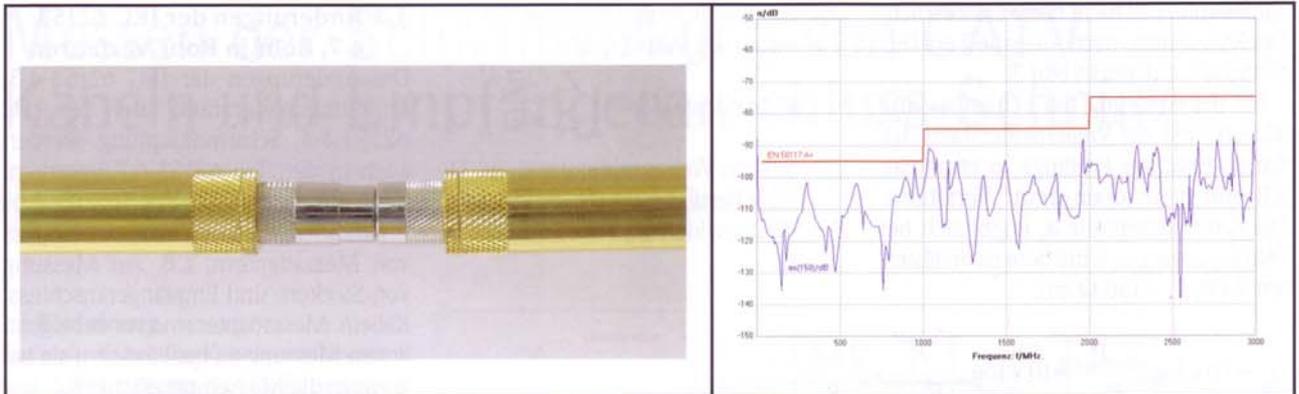


Bild 4: Messadapter

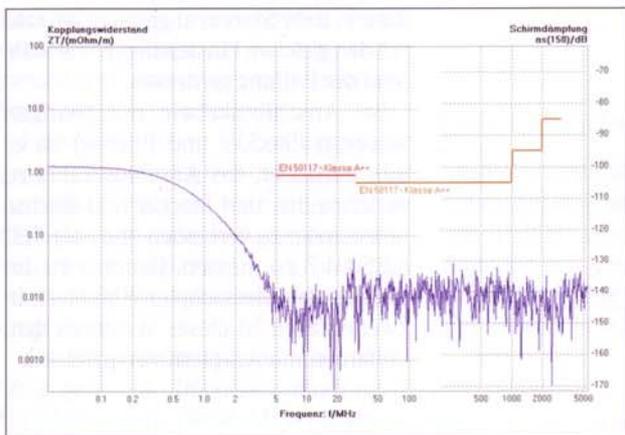


Bild 5: max. Messempfindlichkeit des CoMeT-Systems

4 Verbesserungen des Triaxialverfahrens

Das Triaxialverfahren wurde vor ca. 30 Jahren als Alternative und Erweiterung zum Zangenverfahren entwickelt, um höhere Schirmdämpfungen ohne Messkabine und Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung mit einem Messaufbau zu messen.

Die Anforderungen an die Schirmdämpfung von CATV-Kabeln lagen damals bei 75 dB. Inzwischen gilt es, Kopplungswiderstände von < 1 mOhm und Schirmdämpfungen von mehr als 120 dB zu messen. Damit steigen die Anforderungen an den mechanischen Prüfaufbau erheblich. Alle mechanischen Teile müssen exakt an den Prüfling passen und den Prüfling „HF-dicht“ mit dem Messrohr verbinden.

Die mechanischen Komponenten des CoMeT Systems wurden stetig den hö-



Bild 6: Kopfhülse für hohe Schirmwerte

heren Anforderungen entsprechend angepasst und neue Komponenten entwickelt. Dabei wurden und werden die Änderungen der Normen entsprechend berücksichtigt.

Für hohe Schirmdämpfungen steht eine Modifizierte Kopfhülse zur Verfügung, siehe Bild 6. Der Kurzschluss am sendernahen Ende kann durch Halbschalen mit Konus realisiert werden, siehe Bild 7. Diese werden mit einer Klemmscheibe an den Schirm gedrückt, gleichzeitig wird durch die Klemmscheibe das Verdrehen des Prüflings im Rohr verhindert.



Bild 7: Modifizierter Kurzschluss mit Klemmkonus

zur Verfügung, müssen diese ggf. für die jeweilige Messaufgabe angepasst oder u.U. neu angefertigt werden.

Durchhang

Bei der Prüfung der Schirmdämpfung soll der Prüfling zentrisch in der Mitte des Messrohres eingebaut werden. Ein Durchhängen des Kabels im Messrohr führt zu Änderungen des Wellenwiderstandes Z_2 des äußeren Systems und damit zu Fehlern im Messergebnis. Das Durchhängen des Prüflings kann auf verschiedene Weise vermieden werden, z.B. durch Spannen des Prüflings, durch senkrechte Position des Messrohres oder durch eine Schaumstoffeinlage mit einem geeigneten Material mit niedriger Dielektrizitätskonstante und guten HF-Eigenschaften, z.B. Rohazell. Preiswerte Alternativen zu Rohazell sind z.B. Stützscheiben aus Styropor oder Isolierschläuche für Heizungsrohre. Untersuchungen an Isolierschläuchen aus Baumärkten ergaben keine nennenswerte Beeinflussung der Messergebnisse.

Kalibrier-/Verifiziervorrichtung

Von zahlreichen Anwendern des Triaxialverfahrens kommt die Forderung, das System kalibrieren bzw. verifizieren zu können.

Mit dem CoMeT-KalKit und dem „Rohr-in-Rohr“-Set steht jetzt eine Möglichkeit zur Kalibrierung/Verifizierung von Messrohren nach IEC 62153-4-7 zur Verfügung.



Bild 8: Kalibrier-/Verifiziervorrichtung

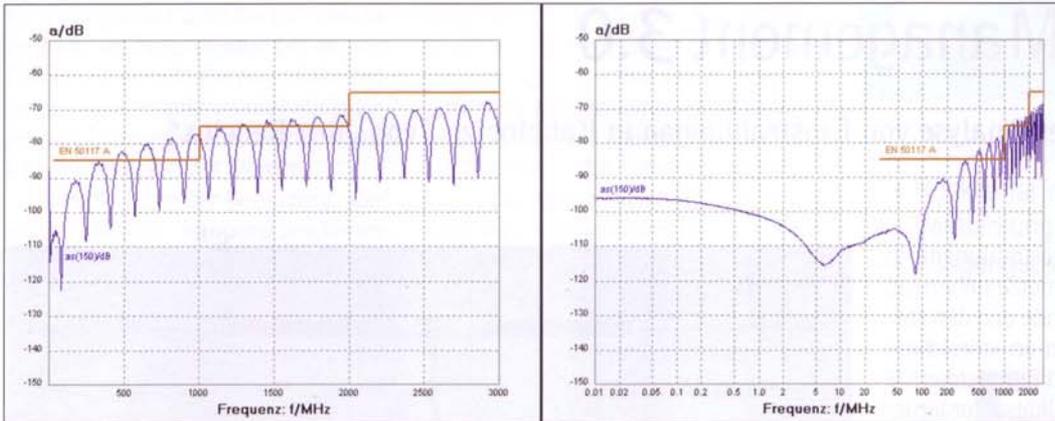


Bild 9: Messkurven der Kalibriervorrichtung

Das CoMeT-KalKit liefert einen Wert der Schirmdämpfung im Bereich der Schirmungsklasse A nach EN 50117. Es wird mit einem entsprechenden Kalibrierprotokoll geliefert.

5 Messung des Langzeitverhaltens

Die Schirmwirkung verschiedener CATV-Kabel wurde über einen Zeitraum von 1 Woche beobachtet. Dabei wurde der Kopplungswiderstand und die Schirmdämpfung von 10 kHz bis zu 3 GHz mit dem Triaxialverfahren gemessen. Die Kabel wurden mit einer Schaumstoffeinlage spannungsfrei im Rohr zentriert. Der Prüfaufbau wurde zwischen den Messungen völlig in Ruhe gelassen.

Nach 3 bis 4 Tagen wurden Änderungen der Schirmdämpfung von bis zu 8 dB gemessen. Dies gilt sowohl für foliengeschirmte Kabel mit CELL-PE Isolierung als auch für Kabel mit Einfachgeflechten mit massiver PE Isolierung. (Im Bereich des Kopplungswiderstandes ergaben sich keine Änderungen).

Wenn die Kabel, wie in den Normen der Reihe EN 50117 gefordert, vor der Prüfung gemäß EN-50289-3-9 durch ein Rollenpaar gezogen werden, tritt dieser Effekt nicht auf.

6 Fazit

Mit den überarbeiteten Normen der Reihe 62153-4-7 sind jetzt Messungen mit Fehlanpassung zwischen Generator und Prüfling möglich, Impedanzwandler sind nicht mehr erforderlich. Mit dem CoMeT-KalKit ist die Kalibrierung/Verifizierung triaxialer Messaufbauten möglich.

ab. Kabelkonstruktionen aus Folien und Geflechten sind „instabile“ Gebilde; sie können über die Kabellänge Unterschiede aufweisen sowie ihre Schirmwirkung über die Zeit verändern. Prüflinge sollten daher vor der Messung entsprechend den jeweiligen Normen konditioniert werden, siehe Bild 11.

7 Danksagung

Besonderer Dank gilt Herrn Eberhard Rodig, Senior Ingenieur bei Fa. Rosenberger HF-Technik. Er ist zuständig für die technische Gestaltung der beschriebenen Komponenten.

8 Literatur

- [1] Bernhard Mund: Neue Normen und Schirmungsklassen, Cable!Vision 4/2013
- [2] Bernhard Mund: bedea analysiert Schirmung von Kabeln, Cable!Vision 2/2013
- [3] Lauri Halme, Bernhard Mund: Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel, Anwenderforum Elektrische Kabel, Technische Akademie Esslingen, Oktober 2013.

Weitere Informationen:

bmund@bedea.com

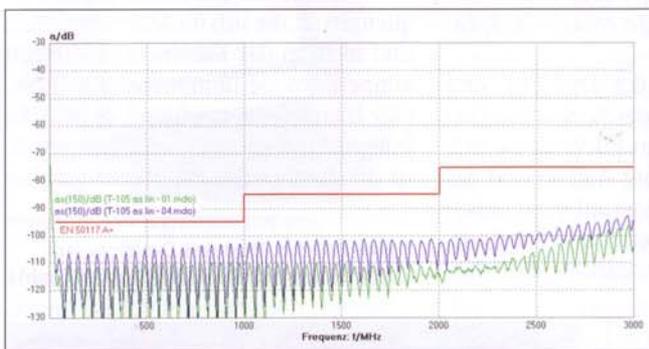


Bild 10a: Schirmdämpfung direkt und nach vier Tagen

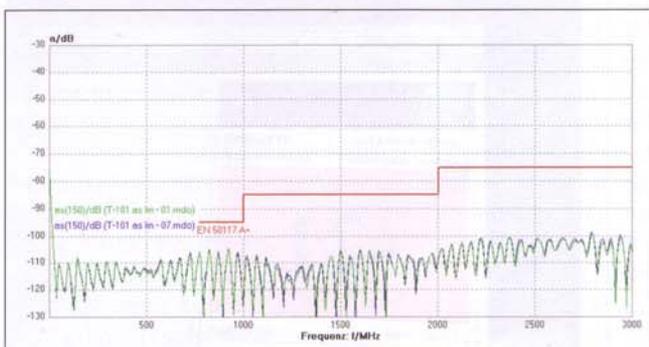


Bild 10b: Schirmdämpfung nach Biegebelastung direkt und nach vier Tagen

Messungen der Schirmdämpfung sind mit dem Triaxialverfahren über 130 dB bis zu und über 3 GHz ohne Schirmkabine möglich. Rundversuche mit 7 Teilnehmern ergaben eine Reproduzierbarkeit von +/- 3dB bei 85dB

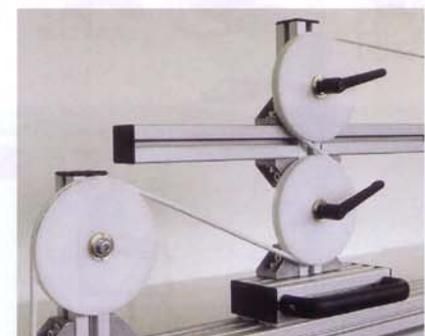


Bild 11: Biegevorrichtung nach EN 50117 bzw. nach EN 50289-3-9